

УДК 627.4, 656.65

DOI: 10.37890/jwt.vi81.546

Исследование условий разработки карьеров нерудных строительных материалов на Верхней Белой с учетом их влияния на уровенный режим

М.В. Шестова

А.Н. Ситнов

ORCID: 0000-0003-4720-8194

Ю.Е. Воронина

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

Аннотация. В настоящее время р. Белая находится в достаточно сложных гидрологических и судоходных условиях, что обусловлено в целом маловодностью в регионе и активно проводимыми здесь многолетними работами по добыче нерудных строительных материалов (НСМ). В существующих условиях обеспечить гарантированные габариты судового хода только проведением путевых работ недостаточно и необходимо жесткое регулирование объемов добычи. В рамках выполненных исследований рассмотрены основные задачи проведения гидравлических расчетов и методы их решения, приведены результаты гидравлических расчетов посадки уровней воды от разработки карьеров, которые показали, что на значительной части участка (33 км из исследуемых 76 км) дальнейшая разработка карьеров должна быть полностью запрещена до восстановления русла реки и занесения карьеров НСМ на участке; допущена возможность разработки карьеров на трех участках в ограниченных объемах; даны рекомендации по параметрам добычи НСМ на перспективном для разработки месторождении. В работе также дана оценка влияния производства дноуглубительных работ в целях судоходства на величину посадки уровня воды, которая показала, что в общем техногенном воздействии на русло р. Верхняя Белая они играют второстепенную роль, однако одновременно интенсивная русловая добыча НСМ и проведение дноуглубительных работ невозможно в силу их существенного совместного влияния на уровенный режим. Реализация полученных по результатам исследований выводов и рекомендаций позволит минимизировать неблагоприятное воздействие добычных работ.

Ключевые слова: русловая добыча, дноуглубление, посадка уровня воды, параметры русловых карьеров.

Investigation of the conditions for the development of quarries of non-metallic building materials on the Upper Belaya, taking into account their impact on the level regime

Marina V. Shestova

Alexander N. Sitnov

ORCID: 0000-0003-4720-8194

Yulia E. Voronina

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Currently, the Belaya River is in rather difficult hydrological and navigable conditions, which is generally due to the low water level in the region and the many years of mining of non-metallic building materials actively carried out here. Under existing conditions, it is not enough to ensure guaranteed dimensions of the ship's course only by carrying out track work but the strict regulation of production volumes is necessary. As part

of the research carried out, the main tasks of conducting hydraulic calculations and methods of their solution are considered, the results of hydraulic calculations of the decrease of water levels from quarrying are presented. The results showed that in a significant part of the site (33 km of the 76 km studied) further quarrying should be completely prohibited until the restoration of the riverbed and the introduction of building materials quarries on the site; the possibility of quarrying on three sites in limited volumes was allowed; recommendations were given on the parameters of building materials production at a promising field for development. The paper also assesses the impact of dredging for navigation purposes on the amount of water level decrease, which showed that it plays a secondary role in the general anthropogenic impact on the Upper Belaya riverbed, but at the same time intensive channel mining of building materials and dredging is impossible due to their significant combined effect on the level regime. The implementation of the conclusions and recommendations obtained from the research results will minimize the adverse impact of mining operations.

Keywords: channel mining, dredging, landing of the water level, parameters of channel quarries.

Введение

Русло р. Белая на протяжении нескольких десятилетий подвержено интенсивной техногенной нагрузке. В целях поддержания условий судоходства и повышения устойчивости русла на р.Белая проводились выправительные и дноуглубительные работы на перекатах. Особое место в антропогенном воздействии на реку занимает русловая добыча песчано-гравийных материалов, причем по всей ее длине. В совокупности эти факторы с учетом малой водности в регионе способствовали ухудшению гидрологических и судоходных условиях на р.В.Белая [1,2].

Темой данных исследований являлась оценка возможности разработки в современных условиях карьеров по добыче нерудных строительных материалов на реке Верхняя Белая с учетом возможной посадки уровня воды.

Объектом исследования являлся участок р.Верхняя Белая протяженностью 76 км от устья р.Уфа до устья р. Сим (рис.1). Гарантированные габариты здесь поддерживаются только на участке от устья р.Уфа до переката Нагаевское Спрявление (32 км). Выше Нагаевского Спрявления и до устья р.Сим (участок протяженностью 44 км) гарантированные габариты судового хода не установлены и не поддерживаются.

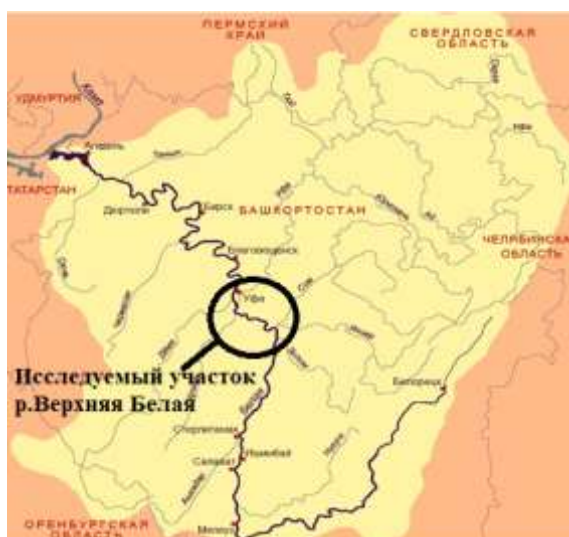


Рис.1. Ситуационный план бассейна р.Белая // Situational plan of the Belaya River basin

В настоящее время на исследуемом участке реки Верхняя Белая выявлено 25 месторождений НСМ, причем 15 из них относятся к пойменным, остальные месторождения - русловые.

Основные задачи и методы решения

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были поставлены следующие задачи [3]:

- оценить величину негативного влияния на уровенный режим реки от разрабатываемых карьеров НСМ на исследуемом участке р.Верхняя Белая относительно установленного проектного уровня воды за расчетные периоды: 2011-2017 гг., 2017-2023 гг. и в целом 2011-2023 гг.;
- оценить степень влияния на уровенный режим проводимых дноуглубительных работ на участке р.В.Белая;
- с учетом полученных результатов разработать рекомендации по организации работ по добыче НСМ на участке р.В.Белая от устья р.Уфа до устья р.Сим.

Исследованию вопросов посадки уровня воды и русловых деформаций при производстве добычных работ посвящены многие работы ученых и практиков [4,5,6,7]. Однако участок Верхней Белой в этих работах не рассматривался, тем более в отношении не только изменений уровенного режима, но и устойчивости судового хода на нем.

Поэтому для решения поставленных задач выполнены гидравлические расчеты возможной посадки уровня воды для различных расчетных вариантов:

- ✓ 1 вариант – разработка русловых карьеров НСМ за период с 2011 по 2017 гг.;
- ✓ 2 вариант – разработка русловых карьеров НСМ за период с 2017 по 2023 гг.;
- ✓ 3 вариант – разработка дноуглубительных прорезей по данным 2017 г.

Гидравлические расчеты выполнялись с помощью программного комплекса «Карьер», разработанного ВГАВТ [3] с учетом положений [8,9] и рекомендаций [10,11]. Программа позволяет определить значения понижения уровней воды с учетом разработки карьеров НСМ и судоходных прорезей, построить кривые свободной поверхности, а также проследить протяженность зоны выклинивания расчетной кривой свободной поверхности.

Для расчета участок реки был разбит на расчетные участки 129 сечениями. Местоположение карьеров НСМ было выявлено в ходе анализа русловых деформаций, а также на основе предоставленных заказчиком данных. Параметры карьеров НСМ определялись при наложении (совмещении) расчетных профилей за различные периоды: 2011 - 2017 гг. и 2017 - 2023 гг.

В период с 2011 по 2017 гг. разработка месторождений НСМ производилась на участке от 0 до 46 км, выше по течению (46-76 км) добыча НСМ не велась. Было выявлено 8 участков, на которых велась разработка НСМ непосредственно в русле реки, либо в прибрежной зоне

При анализе разрабатываемых карьеров НСМ за период с 2017 по до 2023 гг. выявлены русловые карьеры уже до 68 км - всего 5 участков, где велась разработка НСМ в русле реки, и один участок, где ведутся подготовительные работы к освоению месторождения НСМ.

В гидравлических расчетах учитывались только карьеры НСМ, расположенные непосредственно в русле реки, либо в прибрежной зоне. Пойменные карьеры, находящиеся за пределами меженного русла, не рассматривались ввиду того, что они практически не оказывают влияния на гидрологический и русловой режим реки.

В качестве расчетного расхода воды принята величина проектного, соответствующего среднегодовому расходу $155 \text{ м}^3/\text{с}$.

Коэффициент шероховатости определялся осредненно на основании данных гранулометрического состава донных отложений, по формуле В.М.Маккавеева [12,13]:

$$n = 0,03d_{cp}^{1/6}, \quad (1)$$

где d_{cp} – осредненное значение среднего диаметра частиц донных отложений, мм. В практических расчетах допускается принимать в качестве среднего диаметра диаметр 50% обеспеченности.

Данные гранулометрического состава были получены в результате выполненных в августе 2023 г. ВГУВТ натурных исследований [3]. Их анализ показал, что средняя крупность донных отложений на всем исследуемом участке р.Белая составляет 4,67 мм. Наиболее крупный аллювий (по диаметру частиц 50% обеспеченности) находится в верховьях р.Белая – до 26 мм на 58.28 км от устья р.Уфа; более мелкий (до 0,1 мм) – ближе к устью р.Уфа. Представление об изменениях крупности аллювия по длине реки (по диаметру частиц 50% обеспеченности) дает рис. 2.

На основании этих данных, а также с учетом положения кривой свободной поверхности, полученной по результатам однодневной связки уровней воды [3], было выделено три участка: от устья р.Уфа до 27,505 км; 27,505-44,632 км; 44,632-76,43 км. В пределах выделенных участков осреднялся средний диаметр частиц, назначался коэффициент шероховатости и далее выполнялись гидравлические расчеты посадки уровня воды.

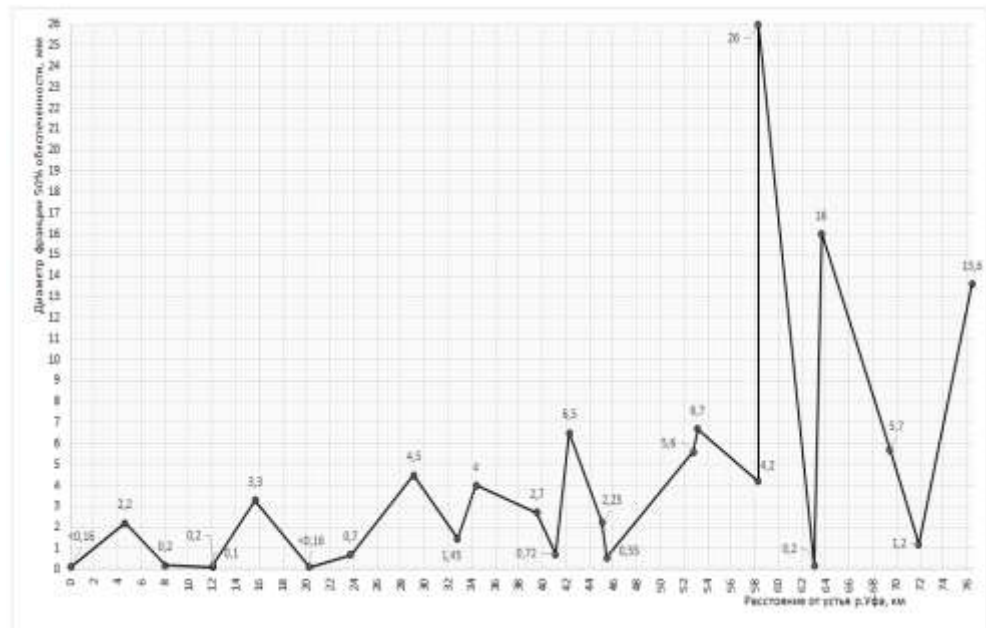


Рис.2. Изменение крупности аллювия по длине р.Белая (от устья р.Уфа до устья р.Сим) // The change in the size of the alluvium along the length of the Belaya River (from the mouth of the river.Ufa to the mouth of the Sim River)

Таким образом, в качестве исходных данных для гидравлических расчетов использовались: планы русла в изобатах с нанесенными на нем расчетными сечениями; отметки кривой свободной поверхности на концах рассматриваемого участка реки при проектном уровне воды (ПУ); основные параметры русла относительно принятого ПУ и проектные габариты выемки в расчетных сечениях.

Результаты гидравлических расчетов посадки уровня воды при проектных отметках на плесах р.Верхняя Белая

В результате выполненных гидравлических расчетов посадки уровня воды за расчетные промежутки времени были получены результаты, представленные в табл.1 и 2.

Таблица 1

Сводная таблица по результатам расчетов посадки уровня воды (2011-2017 гг.)

Разрабатываемый участок (протяженность участка)	Параметры разработки, м (средняя/максимальная)		Посадка уровня воды, см	
	Ширина	Глубина	Максимальная в пределах разрабатываемого участка	На верхней границе участка
1) 1,67-1,92 км (250 м)	55/84,2	1,1/1,3	1,84	1,84
2) 4,5-5,05 км (550 м)	99/128,8	1,6/2,1	3,93	5,58
3) 20,56-22,85 км (2290 м)	56/87,4	1,0/1,8	10,94	12,62
4) 28,13 -28,95 км (820 м)	81/106,5	1,6/2,7	20,99	27,91
5) 31,54-32,54 км (1000 м)	88/106	1,0/2,2	17,71	37,46
6) 35,4-35,8 км (400 м)	75,6/75,6	0,6/0,6	3,41	21,59
7) 41,67 -42,42 км (750 м)	44,7/49,6	1,1/1,5	7,02	17,99
8) 45,49-46,34 км (850 м)	136,7/182	3,8/7,2	57,24**	68,42*

Таблица 2

Сводная таблица по результатам расчетов посадки уровня воды (2017-2023 гг.)

Разрабатываемый участок (протяженность участка)	Параметры разработки, м (средняя/максимальная)		Посадка уровня воды, см	
	Ширина	Глубина	Максимальная в пределах разрабатываемого участка	На верхней границе участка
28,13-28,95 км (820 м)	80,6/111,2	4,3/7,7	30,31	30,31
30,74-32,85 км (2110 м)	103,6/174	3,2/6,5	48,07	78,38*
37,73 км (190 м)	103/103	5,0/5,0	20,90	43,28
40,98-42,76 км (1780 м)	117/151	5,8/8,9	49,96**	76,79
45,2-46,34 км (1140 м)	113/181	4,2/7,3	18,37	72,73

*Примечание: * - максимальная посадка уровня воды на участке р.В.Белая; ** - максимальная доля посадки уровня воды, приходящаяся на разрабатываемый участок.*

Графическое изображение результатов расчетов в виде кривых свободной поверхности (КСП) воды представлены на рис.3 (за период с 2011 по 2017 гг.) и рис.4 (за период с 2017 по 2023 гг.).



Рис.3. Кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2011г. по 2017г. // Curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2011 to 2017

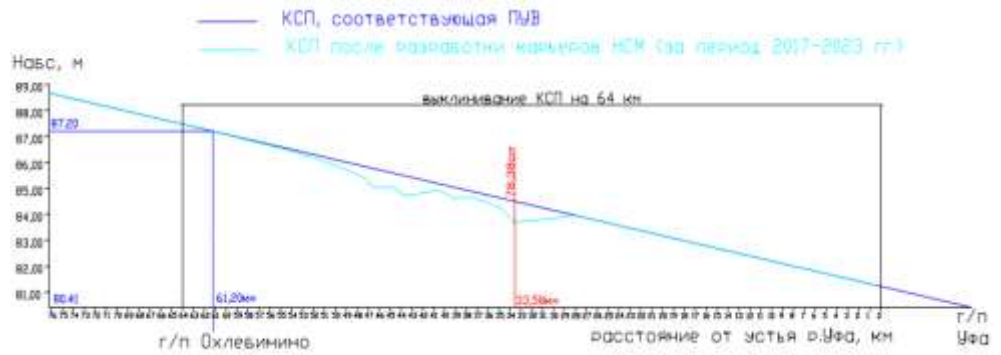


Рис.4. Кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2017г. по 2023г. // Curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2017 to 2023

Таким образом, по результатам расчетов посадки уровня воды за период с 2011г. по 2017г. максимальная величина понижения уровня воды составила 68,42 см на участке 45,49-46,34 км, при этом доля посадки уровня воды в пределах разрабатываемого участка составила 57,24 см. Выклинивание кривой свободной поверхности воды происходит на 54 км.

По результатам расчетов посадки уровня воды за период с 2017 г. по 2023г. максимальная величина понижения уровня воды составила 78,38 см на участке 30,74-32,85 км, при этом доля посадки уровня воды в пределах этого участка составила 48,07 см. Максимальный же прирост величины понижения уровня воды наблюдается на 40,98-42,76 км – порядка 49,96 см. Выклинивание кривой свободной поверхности воды происходит уже на 64 км.

На основе выполненных гидравлических расчетов были обобщены полученные результаты за рассматриваемые периоды (рис.5). Анализ показал, что общая максимальная величина посадки уровня воды за счет активной русловой добычи в период с 2011 по 2023 гг. составила 138 см (46,09 км). В целом проводимые работы по добыче НСМ спровоцировали повсеместное снижение уровней воды в интервале от 6 см до 138 см на участке от 21,5 км до 54,6 км р.В.Белая. При этом зона выклинивания кривой свободной поверхности воды приходится на 64 км.

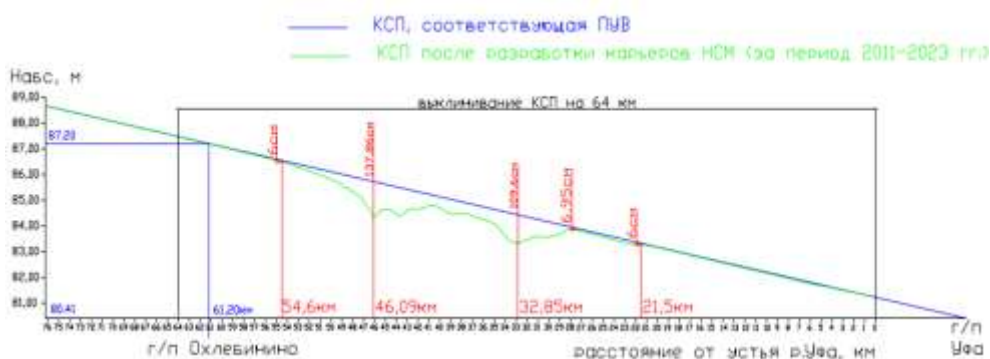


Рис.5. Обобщенные кривые свободной поверхности воды до и после разработки карьеров НСМ в период с 2011г. по 2023г. // Generalized curves of the free water surface before and after the development of quarries of building materials in the period from 2011 to 2023

Следует отметить, что в гидравлических расчетах не учитывался участок на 67,34-68,34 км, где ведутся подготовительные работы к освоению месторождения НСМ, но сами добычные работы еще не начались. Условия разработки этого месторождения были рассмотрены отдельно и даны рекомендации по оптимальным параметрам разработки карьера.

Кроме того, на основе обобщенных результатов сделан вывод о выявленной взаимосвязи величины посадки уровня воды от глубины и протяженности разработки. То есть при меньшем количестве карьеров, но при большей глубине и длине разработки величина посадки уровня воды увеличивается в разы.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы также дана оценка влияния производства дноуглубительных работ на уровенный режим р.В.Белая.

Как показал анализ производства дноуглубительных работ на исследуемых участках р.Верхняя Белая, дноуглубление выполнялось нерегулярно в минимально необходимых объемах. Максимальный объем изъятых грунтов приходится на 2017 г. в объеме 101,6 тыс. м³. Работы проводились на четырех перекатах.

Для оценки влияния максимального (за период с 2013 по 2022 гг.) объема дноуглубительных работ, зафиксированного в 2017 г., был выполнен гидравлический расчет посадки уровня воды. Габариты прорези учитывались следующие: ширина – 30 м, а глубина разработки от ПУ в 2017 г., согласно данным технического отчета и с учетом величины переуглубления, составляла 1,6м.

Расчеты показали, что максимальная величина понижения уровня воды составила 5,6 см (на 25,24 км от устья р.Уфа) или 3,5% от глубины разработки. При этом выклинивание кривой свободной поверхности происходит в районе 34 км от устья р.Уфа.

Таким образом, проводимые в настоящее время дноуглубительные работы (в современных минимальных объемах) в общей оценке характера техногенного воздействия на русло р.В.Белая играют второстепенную роль. Их влияние незначительно, хотя определенную (минимальную) долю величины понижения уровня воды в общую посадку они вносят.

Однако, необходимо учитывать, что при реализации программы по увеличению гарантированной глубины на р.В.Белая объемы дноуглубительных работ возрастуткратно и это неизбежно повлечет за собой увеличение доли посадки уровня воды за счет дноуглубления. В этом случае необходимо проведение дополнительных расчетов и исследований. Однако уже сейчас можно сказать, что одновременная интенсивная добыча НСМ из русла реки и проведение дноуглубительных работ невозможно в силу их существенного совместного влияния на уровенный режим. В современных условиях необходимо выбрать – либо река Белая в ее верхнем течении остается

фактически несудоходной и здесь производится добыча НСМ (под контролем ответственных за это организаций), либо организуется судоходство с проведением необходимых для этого дноуглубительных работ, но при запрете ведения карьерных разработок в русле реки.

В этом случае имеет смысл рассматривать только, так называемую, «попутную» добычу НСМ, когда реализуется изъятый из русла реки в ходе производства дноуглубительных работ донный грунт при условии, если его качество удовлетворяет конечных потребителей.

На основании полученных результатов гидравлических расчетов посадки уровня воды сделаны рекомендации по условиям разработки карьеров НСМ на реке Верхняя Белая (от г.Уфа до устья р.Сим).

Выводы и рекомендации по организации работ по добыче НСМ на р.В.Белая

Основанием для разработки рекомендаций по организации добычи НСМ на исследуемом участке являлись:

- результаты гидравлических расчетов возможной посадки уровня воды за период 2011-2017 гг, 2017-2023 гг. и в целом 2011-2023 гг.;
- основные положения СТО 52.08.31-2012. Добыча НСМ в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров [11].

С учетом требований [11] даны рекомендации при размещении карьеров НСМ на пойме в меандрирующих руслах рек:

1. Допускается проектирование карьеров НСМ (с ограждением участков добычи НСМ защитными дамбами) на пойменных участках и во второстепенных рукавах русел с незавершенным меандрированием и пойменной многорукавностью.
2. Оптимальным местом размещения карьера на излучине представляется низовая часть пляжа. Добыча материала допустима и на других участках пляжа (поймы), не нарушающих общей морфологии русла, например, в виде поперечных прорезей.
3. Не рекомендуется размещать карьеры на верховом и низовом перекатах излучин, т. к. их размещение на указанных макроформах приводит к значительному перехвату карьером влекомых наносов, что в свою очередь оказывает влияние на развитие смежных излучин.
4. При разработке пойменных карьеров - необходимо сохранять целостность прибрежной полосы шириной от 30 до 200 м в зависимости от уклона берега, либо наличия зоны обитания особо ценных водных биологических ресурсов. Высота целиков должна быть таковой, чтобы не происходило их затопление при высоких уровнях воды.

На основании полученных результатов гидравлических расчетов даны следующие рекомендации.

Дальнейшая разработка карьеров НСМ на участке от 21,5 км до 54,6 км должна быть полностью запрещена (рис.6). Работы могут быть возобновлены только после восстановления русла реки и занесения карьеров НСМ на этом участке. Для оценки состояния русла реки и определения возможных сроков возобновления добычных работ на этом участке необходимо проведение комплексного исследования на р.В.Белая через 5-7 лет.

В качестве пограничной максимальной доли посадки предлагается руководствоваться величиной 5% с максимальным доведением до 7% (в среднем 6%) от максимальной глубины русла в пределах разрабатываемого карьера. Эта величина составляет порядка 6см.

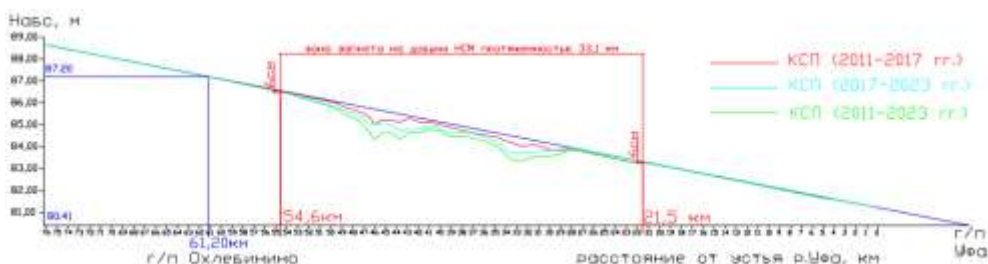


Рис.6. Определение зоны запрета на производство добычных работ на р.В.Белая (от 21,5 км до 54,6 км) // Determination of the zone of prohibition on mining operations on the Belaya River (from 21.5 km to 54.6 km)

Таким образом, на основании морфологического анализа современного руслового рельефа р. В. Белая и с учетом допустимых параметров добычи были выделены 3 перспективных участка месторождений, на которых в современных условиях возможна добыча НСМ с минимальным воздействием на экологические условия руслового комплекса:

- на 1,67-1,92 км; - на 4,81-5,22 км; - на 67,34-68,34 км.

С учетом выделенных перспективных участков разработки на исследуемом участке р.В.Белая от устья р.Уфа до 21,5 км возможны следующие варианты организации добычи НСМ:

1 вариант – разработка только карьера на 1,67-1,92 км (рекомендуемые параметры: ширина карьера 50 м, глубина разработки 1,0 м, длина разработки 250м; навигационный объем добычи составит при таких параметрах порядка 12500 м³);

2 вариант – разработка только карьера на 4,81-5,22 км (рекомендуемые параметры: ширина карьера 70 м, глубина разработки – 1,70 м при длине разработки 250 м; навигационный объем добычи составит при таких параметрах порядка 30000м³);

3 вариант – совместная разработка двух карьеров на 1,67-1,92 км и на 4,81-5,22 км (рекомендуемые параметры добычи НСМ: ширина 50 м (первый участок) и 70 м (второй участок), глубина разработки 1,5 м и длина разработки 100 м; навигационный объем добычи НСМ составит порядка 20000 м³).

На участке р.В.Белая выше 54,6 км и до устья р.Сим перспективным является месторождение на 67,34-68,34 км.

Рассматриваемый карьер является независимым, т.е. выше и ниже его в непосредственной близости от других участков разработки не имеется. Выклинивание кривой свободной поверхности от разработки нижерасположенных карьеров происходит ниже рассматриваемого карьера. Судоходство фактически в районе карьера отсутствует. Тем не менее карьер находится в специфических условиях. Анализ параметров поперечных сечений показывает, что средняя ширина русла при ПУ в районе карьера составляет 184 м, а средняя глубина всего 0,96м. С учетом естественных параметров русла нужно очень осторожно подходить к назначению параметров отработки карьера, поскольку значительное увеличение емкости русла за счет карьерной разработки приведет к понижению уровней воды, которое может распространиться и на нижележащий участок.

Согласно СТО 52.08.31-2012 [11], ширина карьера не может быть меньше 1/3 от ширины русла, т.к. в противном случае возникают условия для усиления глубинной эрозии в районе расположения выемки, особенно в период половодья. Это, в свою очередь, может привести к образованию и развитию левобережного рукава.

С учетом этого были определены оптимальные параметры добычи: рекомендуемая ширина выемки – 60 м, навигационный объем добычи – не более 5300 м³. При назначении длины и глубины разработки рекомендуется использовать

разработанный график зависимости изменения длины разрабатываемого участка от глубины разработки (рис.7).

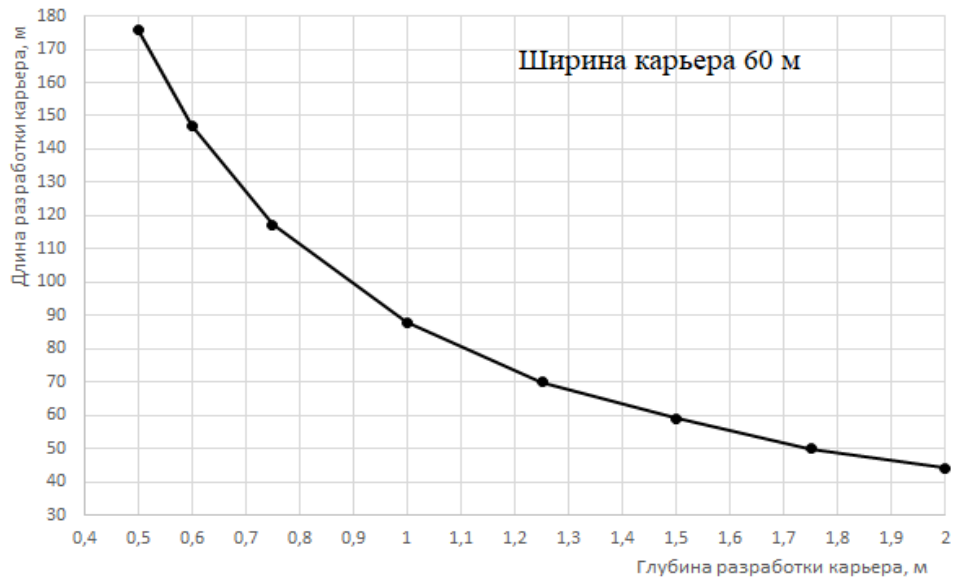


Рис.7. Рекомендуемая длина разрабатываемого участка на 67,34-68,34 км в зависимости от глубины разработки (при ширине выемки 60 м) // The recommended length of the developed area is 67.34-68.34 km, depending on the depth of development (with a recess width of 60 m)

Другие варианты организации добычных работ на исследуемом участке реки приведут к продолжению интенсификации процесса русловых деформаций и процесса понижения уровня воды на р.В.Белая.

Кроме того, необходимо отметить, что рекомендации по разработке карьеров НСМ на участке р.В.Белая от 0 до 21,5 км даны без учета влияния карьерных разработок на р.Белая ниже устья р.Уфы и их нужно будет еще раз уточнять после проведения комплекса исследований по нижней Белой и р.Уфа, где также велись активные работы по добыче НСМ. Однако, в любом случае, предложенные параметры добычи НСМ окажут «щадящее» влияние на уречный режим р.Белая в современных условиях.

С учетом полученных выводов и рекомендаций предложенные наработки должны обеспечить минимизацию неблагоприятного воздействия добычных работ на состояние пойменно-руслового комплекса, а также способствовать восстановлению русла реки.

Список литературы

1. Беркович, К.М. Русловые процессы и русловые карьеры / Беркович К.М. – М.: 2005. – 109 с.
2. Горячев В.С. Изменение уровней воды на реках Белой и Уфе и другие негативные явления последних десятилетий, в том числе связанные с добычей песчано-гравийной смеси. «Эволюция эрозионно-русловых систем, ее хозяйственно-экономические и экологические последствия, прогнозные оценки и учет. Уфа: Аэтерна, 2017. - с. 26-30.
3. Отчет по НИР «Оценка возможности разработки действующих карьеров и выделения участков для разведки и последующей разработки карьеров по добыче нерудных строительных материалов с учетом обеспечения устойчивости судового хода и недопустимости посадки уровня воды в существующих условиях на реке Верхняя Белая» (в 3-х томах) // ФГБОУ ВО «ВГУВТ» - Нижний Новгород, 2023. - 361 с.

4. Барышников, Н.Б. Развитие русла Нижней Белой в условиях антропогенной нагрузки / Н.Б. Барышников, К.М. Беркович, А.М. Гареев // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 3 М.: МГУ. 2000.
5. Турыкин, Л.А. Исследование гидрологического и руслового режима Нижней Белой и обоснование рекомендаций по коренному улучшению судоходных условий / Л.А. Турыкин, К.М. Беркович, Д.В. Ботвин, Л.В. Злотина, В.К. Калюжный, С.Ф. Краснов, Н.М. Михайлова, В.В. Сурков // Маккавеевские учения – 2019. М.: Географ. ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020.
6. Калюжный, В.К. Трансгрессивная эрозия русла реки Белой / В.К. Калюжный // Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения, Пермь, 2-6 октября 2023 г. – с. 18-26.
7. Беркович, К.М. Регламентация русловой добычи НСМ / К.М. Беркович, Л.В. Злотина, Н.М. Михайлова, Л.А. Турыкин // Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения, Пермь, 2-6 октября 2023 г. – с. 73-76.
8. Методика расчета понижения уровней воды при добыче нерудных строительных материалов, Минречфлот РСФСР, – М.: Транспорт, 1984, 20 с.
9. Руководство по проектированию русловых карьеров. Мероприятия по предотвращению понижения уровней воды / Министерство речного флота РСФСР / , Ленинград: Транспорт, 1987 г.
10. Рекомендации по прогнозу деформаций русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов, Ленинград: Гидрометиздат, 1988, 127 с.
11. СТО 52.08.31-2012. Добыча НСМ в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров /Министерство природных ресурсов и экологии РФ/, Сп-б , 2010 г.
12. Дегтярев, В.В. Водные пути / В.В.Дегтярев, В.М. Селезнев, Р.Д. Фролов. – М.: Транспорт, 1980. – 328 с.
13. Гришанин, К.В. Водные пути [Текст] / К.В. Гришанин, В.В. Дегтярев, В.М. Селезнев. - М.: Транспорт, 1986. – 400 с.

References:

1. Berkovich, K.M. Riverbed processes and riverbed quarries / Berkovich K.M. – М.: 2005. – 109 p.
2. Goryachev V.S. Changes in water levels on the Belaya and Ufa rivers and other negative phenomena of recent decades, including those related to the extraction of sand-gravel mixture. "The evolution of erosion-channel systems, its economic, economic and environmental consequences, forecast estimates and accounting. Ufa: Aeterna, 2017. - pp. 26-30.
3. Research report "Assessment of the possibility of developing existing quarries and allocating sites for exploration and subsequent development of quarries for the extraction of non-metallic building materials, taking into account ensuring the stability of the ship's course and the inadmissibility of landing the water level in existing conditions on the Verkhnyaya Belaya River (from Ufa to the mouth of the riverSim) (the first stage)"// VGUVT Federal State Budgetary Educational Institution - Nizhny Novgorod, 2023. - 361 p.
4. Baryshnikov, N.B. Development of the Lower Belaya riverbed under conditions of anthropogenic load / N.B. Baryshnikov, K.M. Berkovich, A.M. Gareev // erosive and riverbed processes. Issue 3 Moscow: 2000 Moscow State University.
5. Turykin, L.A. Investigation of the hydrological and riverbed regime of the Lower Belaya and justification of recommendations for a radical improvement of navigable conditions / L.A. Turykin, K.M. Berkovich, D.V. Botvin, L.V. Zlotina, V.K. Kalyuzhny, S.F. Krasnov, N.M. Mikhailova, V.V. Surkov // Maccabean teachings – 2019. М.: Geographer. M.V. Lomonosov Moscow State University, 2020.
6. Kalyuzhny, V.K. Transgressive erosion of the Belaya riverbed / V.K. Kalyuzhny // Thirty-eighth plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Reports and communications, Perm, October 2-6, 2023 – pp. 18-26.
7. Berkovich, K.M. Regulation of channel mining of NSM / K.M. Berkovich, L.V. Slotina, N.M. Mikhailova, L.A. Turykin // Thirty-eighth plenary interuniversity coordination

- meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Reports and communications, Perm, October 2-6, 2023 – pp. 73-76.
8. Methodology for calculating the lowering of water levels during the extraction of non-metallic building materials, Ministry of River Fleet of the RSFSR, Moscow: Transport, 1984, 20 p.
 9. Guidelines for the design of channel quarries. Measures to prevent lowering of water levels / Ministry of River Fleet of the RSFSR / , Leningrad: Transport, 1987
 10. Recommendations for the prediction of riverbed deformations at quarry sites and in the lower reaches of hydroelectric power plants, Leningrad: Gidrometizdat, 1988, 127 p.
 11. STO 52.08.31-2012. Extraction of NSM in water bodies. Accounting for the riverbed process and recommendations for the design and operation of riverbed quarries /Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation/, Sp-b , 2010
 12. Degtyarev, V.V. Waterways / V.V.Degtyarev, V.M. Seleznev, R.D. Frolov. – М.: Transport, 1980. – 328 p.
 13. Grishanin, K.V. Waterways [Text] / K.V. Grishanin, V.V. Degtyarev, V.M. Seleznev. - М.: Transport, 1986. – 400 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шестова Марина Вадимовна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: shestowam@yandex.ru

Ситнов Александр Николаевич профессор д.т.н., зав. кафедрой Водных путей и гидротехнических сооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: stnv1952@rambler.ru

Воронина Юлия Евгеньевна доцент к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»). 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: : yulez@yandex.ru

Marina V. Shestova PhD in Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Alexander N. Sitnov Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Waterways and Hydraulic Structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Yulia E. Voronina PhD in Associate Professor of the Department of waterways and hydraulic structures, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 19.05.2024; опубликована онлайн 20.12.2024.
Received 19.05.2024; published online 20.12.2024.