

ВОДНЫЕ ПУТИ, ПОРТЫ И ГИДРОТИХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.4

DOI: 10.37890/jwt.vi71.257

Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидрологические и судоходные условия реки при разработке руслового карьера выправительными сооружениями

В.В. Агеева¹

ORCID: 0000-0002-1124-2203

Е.А. Люкина¹

ORCID: 0000-0002-7116-0824

М.А. Матюгин²

ORCID: 0000-0002-9446-0352

¹*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Устройство карьеров на реках (в особенности на судоходных) требует ряд дополнительных обоснований, поскольку разработка участка недр влияет на гидрологический режим и условия судоходства. В работе проведена подробная оценка влияния разработки предполагаемого участка недр на гидрологические и судоходные условия реки Белая при различных вариантах отработки полезного ископаемого, которая показала недопустимость работ без введения ряда ограничений и проведения дополнительных природоохранных мероприятий. В качестве таких мероприятий в процессе выполнения работ по добыче предлагается строительство выправительных сооружений (полузапруд). В рамках исследований проведен анализ влияния предполагаемой добычи на структуру потока русла при строительстве предлагаемых полузапруд и без них, который показал значительное уменьшение негативного влияния разработки карьера на рассматриваемый участок реки Белой.

Ключевые слова: русловой карьер, гидрологический режим реки, судоходный режим реки, посадка уровня воды, деформация русла, интегральная кривая расходов, планы течений, полузапруды, выправительные сооружения, граничные условия, моделирование речного потока.

Measures to reduce the negative impact on the hydrological and navigational conditions of the river during the development of a channel quarry by correctional facilities

Vera V. Ageeva¹

ORCID: 0000-0002-1124-2203

Ekaterina A. Lyukina¹

ORCID: 0000-0002-7116-0824

Mikhail A. Matyugin²

ORCID: 0000-0002-9446-0352

¹*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The arrangement of quarries on rivers (especially on navigable) requires a number of additional justifications, since the subsoil section development affects the hydrological regime and shipping conditions. The work carried out a detailed assessment of proposed subsoil area development on the hydrological and navigational conditions of the Belaya River in various mining options, which showed the inadmissibility of work without introducing a number of restrictions and additional environmental measures. As such measures, the construction of corrective structures (barrage) is proposed in the performing mining work process. As part of the research, an analysis of proposed production the impact on the channel flow structure during the construction of the proposed semi-dams and without them was carried out, which showed a significant decrease in the quarry development negative impact on the section of the Belaya River under consideration.

Keywords: riverbed quarry, the river hydrological regime, the river navigable regime, water level landing, riverbed deformation, integral discharge curve, plans of currents, barrage, straightening structures, boundary conditions, modeling of the river stream.

Введение

Строительство автодорог в настоящий момент является одним из приоритетных направлений развития транспортной инфраструктуры Российской Федерации. В своем послании Федеральному Собранию от 21.04.2021 г. [1] Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин озвучил необходимость продления строящейся скоростной автомагистрали Москва – Казань до Екатеринбурга. При этом обозначил весьма короткие сроки завершения этого проекта в три года. Строительство автомагистрали внесено в Транспортную стратегию Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденную Распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р [2]. Створ проектируемой автомагистрали расположили в Бураевском районе Республики Башкортостан со строительством мостового перехода через р. Белую в районе 1939 км судового хода [3].

Реализация данной программы требует обеспечения строительства автомагистрали качественными материалами, в т.ч. нерудными строительными материалами (НСМ) (песком, песчано-гравийным материалом (ПГМ), гравием). С этой целью в акватории реки Белой предлагается размещение нового карьера, что требует дополнительного обоснования с точки зрения обеспечения условий безопасности судоходства и оценки степени негативного воздействия на гидрологические условия участка реки.

Рассматриваемый потенциальный карьер расположен в муниципальном районе Бураевский Республики Башкортостан, в 30 км юго-западнее р.д. Бураево, вблизи с. Вострецово (рис. 1), в русле р. Белой между перекатами Верхнеказанцевский и Среднеказанцевский (рис. 2).

Водный режим на рассматриваемом участке реки Белая – типичный для равнинных рек восточноевропейского типа: обычно с одновершинным весенним половодьем и довольно устойчивым ходом уровней в летний и зимний периоды. Необходимые сведения о гидрологическом режиме реки (о расходах, уровнях, ледоставе) были взяты по гидрологическим постам (г/п) и водомерным постам (в/п) «Уфа», «Бирск» и «Андреевка». Ход среднемноголетних уровней воды по наблюдениям на водомерных постах «Уфа», «Бирск» и «Андреевка» представлен на совмещенном графике (рис. 3). Отметка проектного уровня (ПУ) воды в районе расположения участка недр составляет 67,8 м БС.

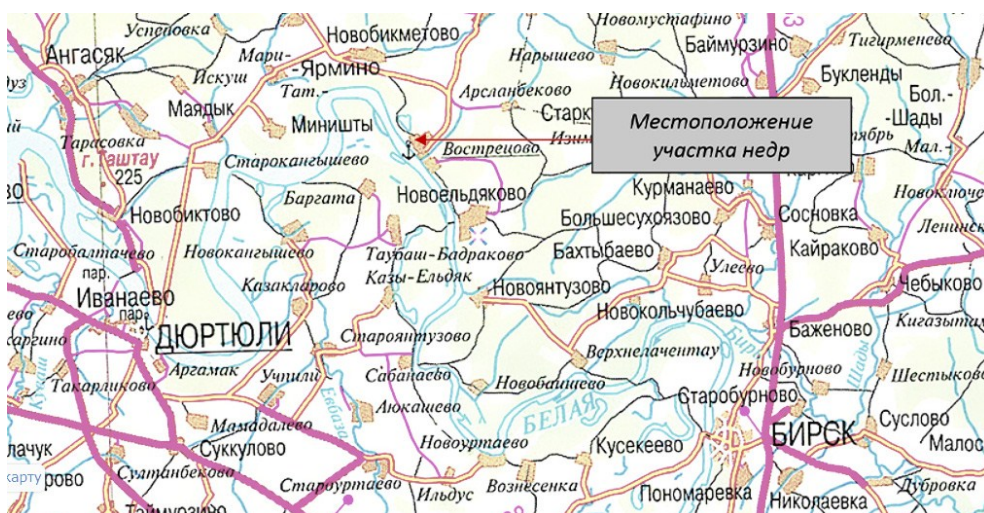


Рис. 1. Ситуационный план расположения рассматриваемого участка недр

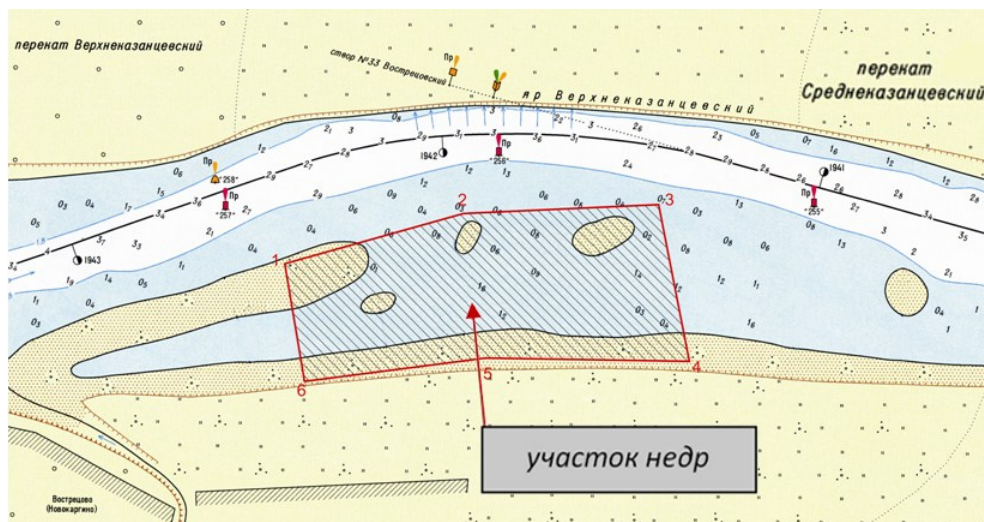


Рис. 2. Местоположение потенциального карьера на внутренних водных путях Российской Федерации [3]

Принимая во внимание, что местоположение новых карьеров на реке Белой осложнено работами по освоению её водным транспортом, а именно увеличению гарантированных габаритов судового хода в комплексе с естественным русловым режимом (река Белая является свободной), для размещения карьера требуется дополнительное обоснование.

Возможное влияние разработки участка недр на гидрологический режим и судоходные условия определяется режимом русловых деформаций р. Белая в районе этого потенциального карьера, который в свою очередь описывается известной принципиальной схемой влияния крупного руслового карьера [4, 5].

В рамках настоящего исследования оценены последствия и предложены варианты по снижению негативного воздействия разработки карьера на гидрологический режим и условия судоходства на данном участке. Данные исследования проведены согласно требованиям действующего законодательства и имеющейся нормативно-технической базы, кроме того, был учтен опыт предыдущих исследований [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

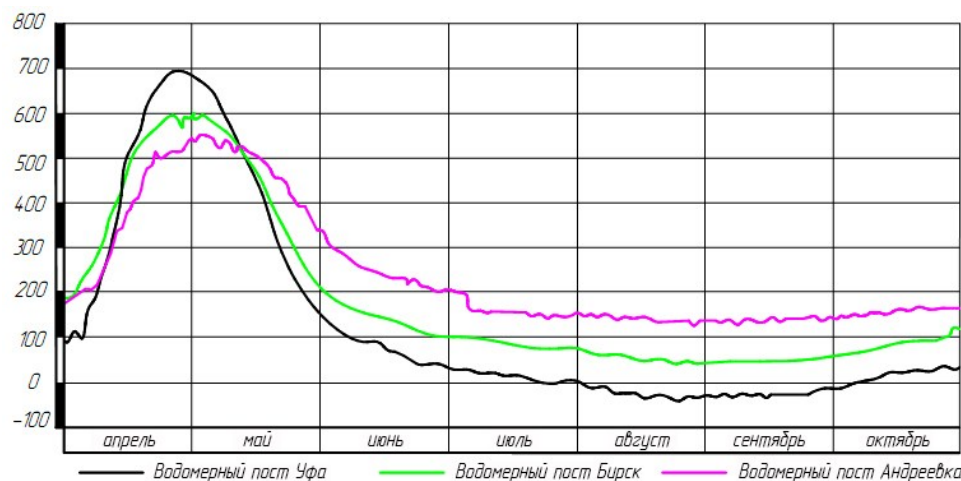


Рис. 3. Совмещенный график среднегодовых уровней воды по наблюдениям на гидрологических постах «Уфа», «Бирск» и «Андреевка»

Оценка влияния разработки участка недр на гидрологический режим и условия судоходства.

С целью определения возможности проведения работ по добыче и их объемов были проведены гидравлические расчеты возможной посадки уровня воды при разработке карьера НСМ. Расчеты проведены по методике, изложенной в [4, 6], в основе которой лежат следующие положения: движение потока воды в реке считается установившимся; русло реки относительно долговременный период считается стабильным и не деформируется; движение потока воды в русле реки описывается системой дифференциальных уравнений движения.

Результаты гидравлических расчетов посадки уровня воды показали, что:

- при разработке ПГМ в объеме 50 тыс. м³ (глубина разработки до 10 м от ПУ) посадка уровня составит не более 1,7 см;
- при разработке ПГМ в объеме 250 тыс. м³ (глубина разработки до 10 м от ПУ) посадка уровня составит не более 6,4 см;
- при полной одновременной разработке всего участка недр (глубина разработки до 10 м от ПУ) посадка уровня составит 18,8 см.

Оценка многолетних деформаций русла на исследуемом участке проводилась по результатам проведенных русловых съемок за период с 2012 по 2017 гг., по которым также был построен совмещенный план (рис. 4).

Проведенный анализ показал, что исследуемый участок имеет сложную форму и включает в себя побочный тип русловых деформаций в верхней части, свободное меандрирование в нижней. Исследуемый участок представлен тремя перекатами: Верхне-, Средне- и Нижнеказанцевским.

На верхнем участке (верхняя плесовая лощина Верхнеказанцевского переката) наблюдается размыв дна с расширением полосы судового хода на 100 м, вместе с тем намывается правый берег на протяжении 800 м.

Нижележащий плес до Среднеказанцевского переката протяженностью 3 км так же представляет собой прямолинейный участок шириной около 350 м и глубиной 2 м. Между Верхне- и Среднеказанцевскими перекатами проявляется притяжное течение. Ближе Среднеказанцевскому перекату река отходит от левой бровки. На правом берегу расположен побочень, обеспечивший данному участку относительную устойчивость. С 2012 г. на всем анализируемом участке преобладал размыв как берегов, так и проектных изобат. В результате этого к настоящему времени этот правый побочень представляет собой песчано-гравелистую косу протяженностью в 1 км, которая играет роль струенаправляющей дамбы.

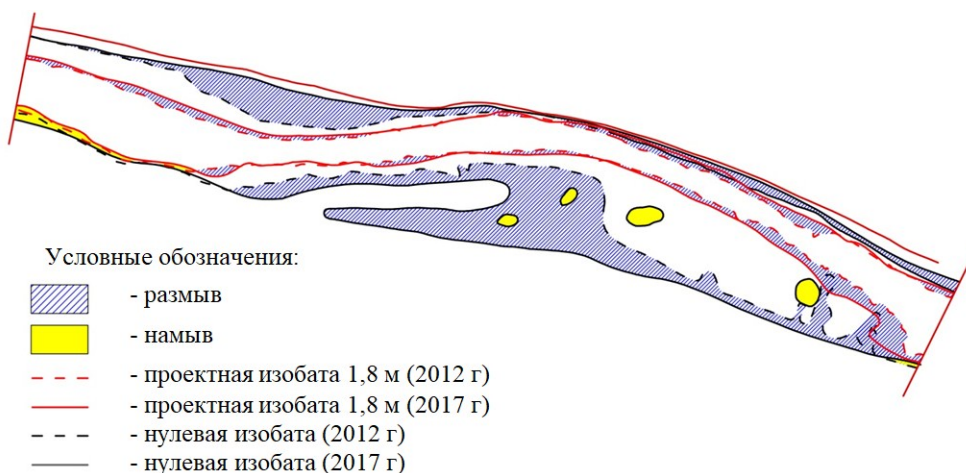


Рис. 4. Совмещенный план Казанцевского перекатного участка р. Белой

После Среднеказанцевского переката судовой ход вновь принимает прямолинейное очертание; за рассматриваемый период значительных изменений на данном участке не происходило.

На Нижнеказанцевском перекате судовой ход смещается к правому берегу, достигая бровки коренного берега. С 2012 г. полоса судового хода увеличилась в среднем на 20 м.

Для оценки устойчивости рассматриваемого участка реки были построены планы течений на участке реки по методу плоских сечений в соответствии с методикой, рекомендованной [4].

По результатам выполненных расчетов построены интегральные кривые расходов (рис. 5).

Построенные планы течения для естественного состояния и после отработки потенциального карьера (рис. 6) выявили интенсивное смещение струй в сторону размещаемого участка недр, что является недопустимым и требует разработки мероприятий по снижению данного фактора.

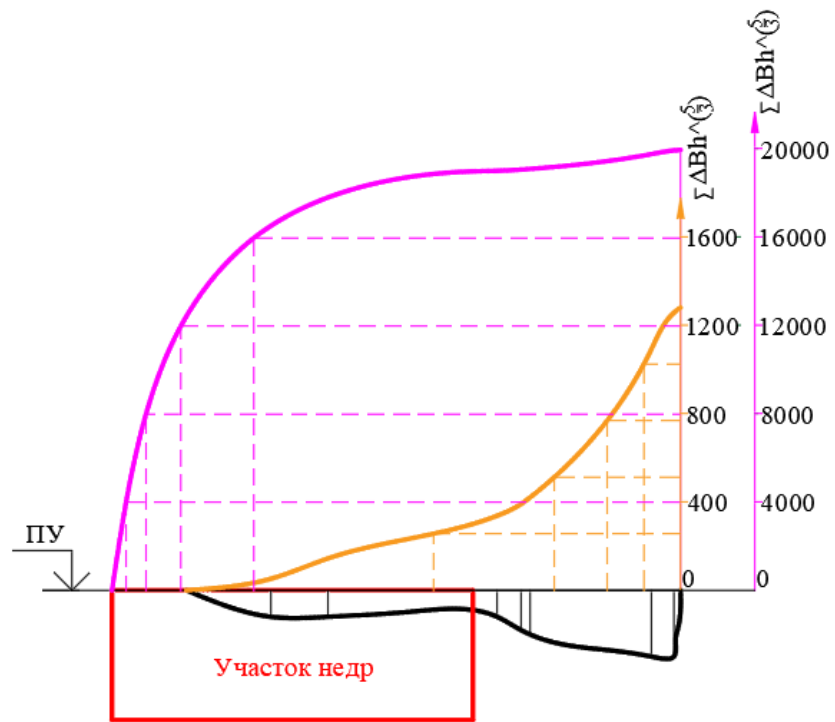


Рис. 5. Интегральная кривая расходов (сечение 4-4)

Для снижения выявленного негативного фактора предлагается устройство полузапруд. Влияние полузапруд на структуру потока исследовано и подробно изложено [8]. Анализ данных исследований показал приемлемость предлагаемого варианта снижения негативного влияния на русловой режим.

В рамках исследования определены (по методу ЛИИВТа [8]) основные параметры выправительной трассы, которые представлены в результирующей таблице (табл. 1).

Зная ширину выправительной трассы (B_m); бытовую ширину русла (B_6) и угол наклона полузапруды к направлению течения $\alpha \leq 90^\circ$, логично предположить, что длина полузапруды равна:

$$l_n = (B_6 - B_m) / \sin \alpha \quad (1)$$

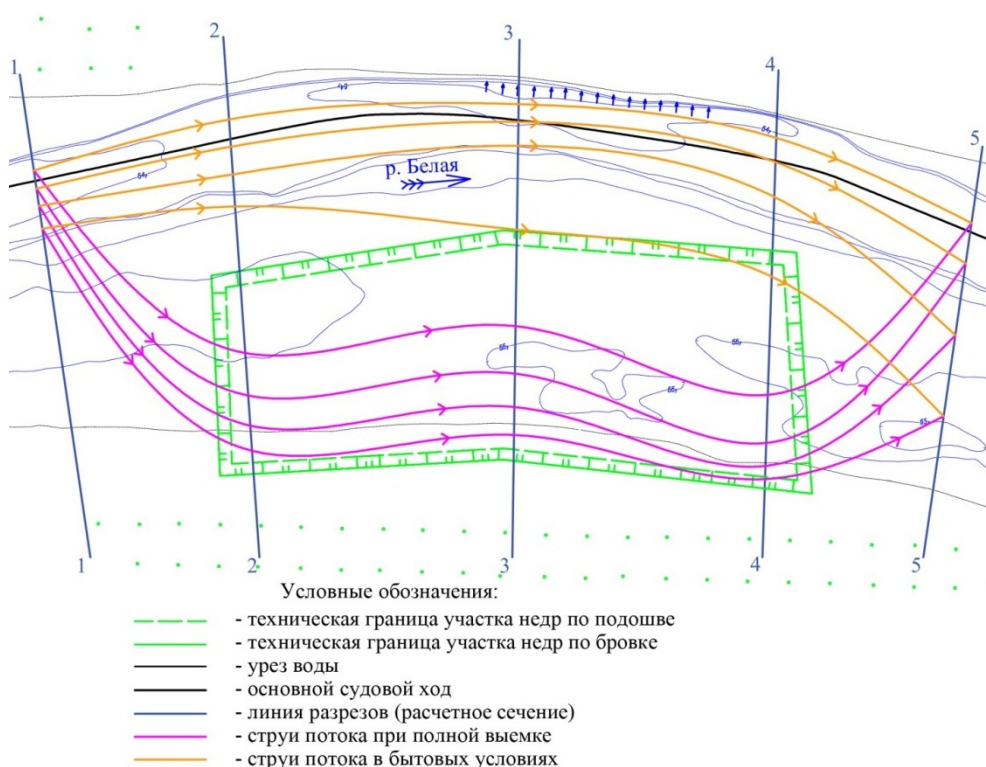


Рис. 6. Планы течения для естественного состояния и после отработки участка недр

В ходе определения параметров выправительных сооружений выполнены следующие построения и расчеты:

- выявлены значения расчетного расхода воды (Q_p) и расчетного уровня (H_p);
- на план затруднительного участка нанесена выправительная трасса и предварительное расположение полузапруд, изображены поперечные сечения в створах выправительных сооружений до расчетного уровня (ПУ=67,8 м БС);
- построены интегральные кривые распределения расхода воды при расчетном уровне и определены расходы воды ($Q_{св.б.}$), проходящие в пределах выправительной трассы в бытовом состоянии русла, а также площадь ($\omega_{св}$) этой части поперечного сечения;
- подсчитан потребный расход воды в пределах выправительной трассы ($Q_{св}$), который может обеспечить необходимый размыв дна в пределах судового хода;
- вычислен основной показатель работы затопленной полузапруды по перераспределению расхода воды по ширине русла;
- определены:
 - часть площади поперечного сечения, перекрываемого полузапрудой (ω_n);
 - часть площади поперечного сечения, расположенную над гребнем полузапруды до расчетного уровня воды ($\omega_{св}$);

- полная площадь поперечного сечения при уровне вровень с гребнем полузапруды ($\omega_{св.б}$);
- определены коэффициенты, характеризующие степень затопления полузапруды ($K_{сл}$) и степень стеснения потока (m) по формулам;
- построены кривые зависимости $K_{сл}=f_1(z_2)$, $m=f_2(z_2)$, $K_{сл}=f_3(m)$, на которые нанесена опытная прямая $K_{сл}=f_4(m, K_{св})$, соответствующая требуемому значению параметра ($K_{св}$).

По результатам получено:

- ось полузапруд должна быть перпендикулярна или направлена против течения до 10 градусов;
- корень полузапруд должен опираться на коренной берег с выходом на бровку;
- в продольном вертикальном разрезе профиль должен иметь ныряющий тип, т.е. по мере снижения уровней воды тело плотины должно появляться от корня к голове;
- высота головы полузапруды не должна превышать 1 м от проектного уровня для обеспечения её сохранности во время ледохода, ширина гребня должна быть принята не менее 3 м.

Таблица 1

Параметры расчетного поперечного профиля русла в створе полузапруды в зависимости от отметки гребня головы полузапруды

№ ПЛЗ	$z_2, см$	$\omega_{св.б}, М^2$	$\omega_{св}, М^2$	$\omega_n, М^2$	$\omega_{сл}, М^2$	$K_{сл}$	m
1	ПУ+100	1160,4	836,2	324,2	0	0	0,28
	ПУ+50	867,3	681,2	186,1	238,1	1,28	0,21
	ПУ	574	527	47	277,2	5,9	0,08
2	ПУ+100	1159,8	725,9	433,9	0	0	0,37
	ПУ+50	875,1	589,9	285,2	148,7	0,53	0,33
	ПУ	601,4	453,9	147,5	246,4	1,67	0,25
	ПУ-15	521,5	287,1	108,4	359,7	3,32	0,207
3	ПУ+100	1290,6	751	539,6	0	0	0,418
	ПУ+50	1003,8	625	378,8	160,8	0,42	0,377
	ПУ	720,6	499	221,6	318	1,43	0,308
	ПУ-40	496,6	398,3	98,3	441,3	4,49	0,198

С целью определения эффективности решений по устройству полузапруд логично было бы построить план течения реки для данного расчетного случая. Однако построение плана течений базируется на методе М.А. Великанова («способ плоских сечений»), в основе которого лежит интегрирование площади поперечного сечения русла (распределение расхода по ширине русла зависит только от глубин), что будет не совсем корректно при отображении структур потока при строительстве выправительных сооружений. Поэтому в дальнейших исследованиях был применен метод численного моделирования в трехмерной постановке, способный наиболее полно описать особенности структуры потока на изгибе русла, основанный на компьютеризированном решении, обладающий большими размерами систем уравнений гидравлики (гидродинамики) и деформации русла.

Основными преимуществами численных методов исследования являются: возможность решения задачи в двумерной (плановой) и трёхмерной

(пространственной) постановках; возможность охвата расчётами участка реки, включающего одновременно участок расположения руслового карьера или группы карьеров и зону влияния карьеров на состояние реки; оперативность расчётов для определения оптимального варианта разработки карьера; применимость для случаев сложной морфологии русла, в том числе строительстве выправительных сооружений.

Отправной точкой описания любых гидродинамических процессов является решение полной системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса:

$$\begin{aligned} \frac{dV_x}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} \right) &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{dV_y}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial z^2} \right) &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{dV_z}{dt} - \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \\ \frac{dV_z}{dx} + \frac{dV_z}{dy} + \frac{dV_z}{dz} &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial t} \end{aligned} \quad (2)$$

где: V_x, V_y, V_z – компоненты скоростей в проекции на соответствующую ось; p – давление в конкретной точке потока; ν – эффективная вязкость, определяемая выражением.

$$\nu = \nu_k + \nu_t \quad (3)$$

где: ν_k – кинематическая вязкость среды; ν_t – турбулентная вязкость.

Наиболее распространенным способом описания этой величины является k - e подход. Согласно ему, величина коэффициента турбулентного обмена определяется по формуле:

$$\nu_t = C_p \cdot \frac{k^2}{e} \quad (4)$$

где: k – кинематическая энергия турбулентности;

C_p – турбулентная константа среды;

e – диссипация турбулентной энергии.

Последние две величины определяются по математическим моделям, наиболее популярными из которых являются модели второго порядка Джонсона-Лаундера.

Согласно уравнению математической физики, для получения окончательных численных результатов систему уравнений (2) необходимо дополнить граничными (краевыми) условиями и начальными условиями (в случае решения нестандартной задачи). Помимо этого, определяются область пространства, для которого решается задача, то есть формируется расчетная область задачи. В нашем случае это будет участок русла реки Белой в районе потенциального карьера между двумя живыми сечениями, перпендикулярными к динамической оси потока, в границах которого можно достоверно судить о характере распределения скорости.

Термин "начальное условие" относится к величинам, присваиваемым переменным во всех узлах расчетной сетки перед началом вычисления (значение на момент времени $t=0$).

Наиболее часто для решения задач моделирования речного потока используются следующие граничные условия: входное, выходное, непротекания, по давлению и симметрии.

Расчеты были проведены при тех же исходных данных по двум вариантам: при полной разработке потенциального карьера без возведения полузапруд и при полной разработке потенциального карьера с возведением полузапруд.

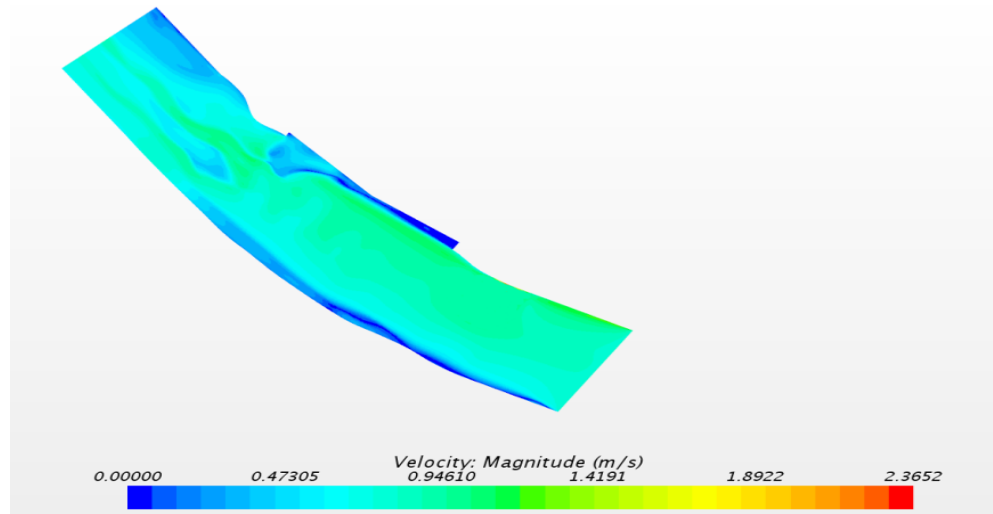


Рис. 7. Распределение скоростей речного потока при полной разработке потенциального карьера без возведения полузапруд

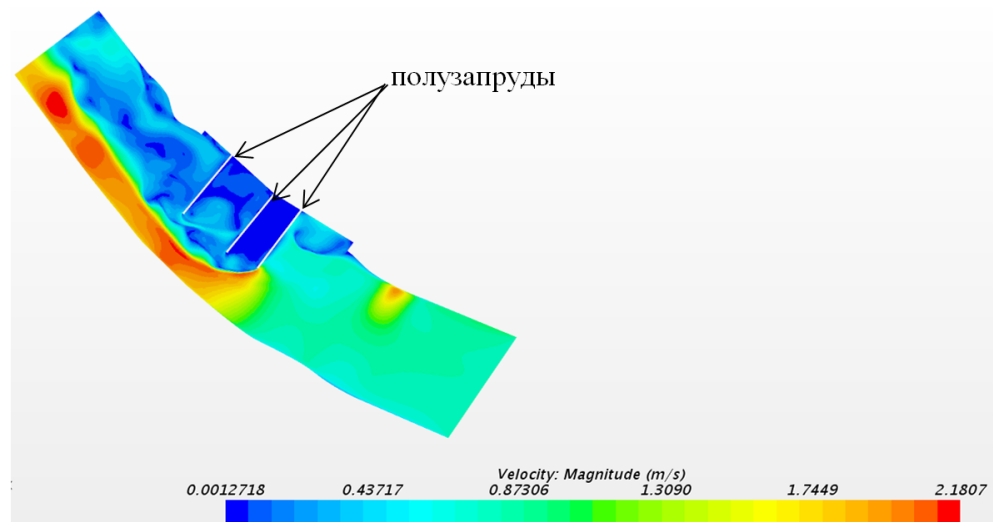


Рис. 8. Распределение скоростей речного потока при полной разработке потенциального карьера с возведением полузапруд

Сопоставление полученных вариантов (рис. 6, 7, 8) показало, что отработка рассматриваемого карьера с одновременным возведением полузапруд наиболее приемлема, т.к. способствует увеличению глубины судоходной части русла за счет увеличения скоростей течения. Кроме того, возведение полузапруд способствует

ускорению заиления отработанного пространства участка недр и впоследствии намыву побочня, т.к. снижает скорость течения на участке потенциального карьера и ниже по течению (рис. 8).

Результаты приведённой работы показали:

1. По результатам гидравлических расчетов посадки уровня воды выявлено, что разработка ПГМ общим объемом 50 тыс. м³ с глубиной разработки до 10 м от ПУ не окажет значительного влияния на урочный режим участка, посадка уровня составит не более 1,7 см, что не превышает общепринятого критериального значения 10 см.

При выработке за одну навигацию сосредоточенной выемки объемом извлеченного грунта порядка 250 тыс. м³, посадка уровня составит не более 6,4 см, что также не превышает общепринятого критериального значения 10 см.

При полной единовременной разработке участка недр величина посадки уровня воды в районе верховой кромки карьера составит 18,8 см, что значительно превышает допустимое значение посадки уровня 10 см, следовательно, разработка карьера по данному варианту оказывает значительное негативное влияние на урочный режим реки Белой в районе месторождения и недопустима.

Таким образом, объем годовой добычи с участка недр необходимо ограничить 250 тыс. м³ в год.

2. Анализ многолетних деформаций участка Верхне-, Средне- и Нижнеказанцевского перекатов показал их относительную устойчивость.

Однако побочень, расположенный на правом берегу и обеспечивший данному участку относительную устойчивость, подвержен незначительному размыву, ввиду чего к настоящему времени представлен в виде песчано-гравелистой косы протяженностью в 1 км, которая играет роль струенаправляющей дамбы.

3. Анализ построенных интегральных кривых расходов (рис. 5), планов течений для естественного состояния и после отработки потенциального карьера (рис. 6) выявил интенсивное смещение струй течения в сторону размещаемого участка недр.

Для стабилизации влияния разработки потенциального карьера на структуру потока и создания предпосылок для намыва побочня, расположенного на правом берегу, обеспечившего данному участку относительную устойчивость, предлагается строительство трех полузапруд.

Расчеты влияния работ на структуру потока показали необходимость возведения выправительных сооружений с одновременной разработкой участка недр. Строительство полузапруд значительно снижает негативное влияние работ по добыче на рассматриваемом участке реки Белая, что проиллюстрировано на рис. 7 и 8.

Заключение

В настоящий момент в связи с интенсивным развитием строительства в Российской Федерации имеется большой спрос на НСМ (в т.ч. добываемые из русел рек), что требует размещения новых карьеров. Опубликованными исследованиями различных авторов показана необходимость всестороннего исследования влияния разработки русловых карьеров на гидрологические характеристики (в том числе судоходных рек) [9, 10]. Состав данных исследований регламентируется [4, 5], однако в каждом конкретном случае он должен уточняться, исходя из гидрологического и судоходного режима рассматриваемой реки (участка реки). В рамках проведенного исследования были оценены возможные последствия разработки участка недр на гидрологические и судоходные условия, определены условия, при которых выявленные негативные факторы будут минимизированы, а работы по добыче будут возможны.

Список литературы

1. Послание Президента РФ Федеральному Собранию «Послание Президента Федеральному Собранию» от 21.04.2021.
2. Распоряжение Правительства РФ «О транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» от 27.11.2021 № 3363-р // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2021 г. – с изм. и допол. в ред. от 03.12.2021.
3. Атлас Единой глубоководной системы Европейской части РФ. том 10. От реки Уфа до устья, ФБУ «Администрация «Волго–Балт», 2017 г.
4. СТО 52.08.31–2012 «Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров». – СПб.: Глобус, 2012. – 140 с.
5. Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов // Гос. гидрол. ин–т, Гл. упр. гидрологии и метеорологии Болг. акад. наук, Ин–т гидрологии и метеорологии; [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 127 с.
6. Методика расчета понижения уровней воды при добыче нерудных строительных материалов // М–во реч. флота РСФСР, Гл. упр. портов; [и др.]. – М.: Транспорт, 1984. – 21 с.
7. Руководство по проектированию русловых карьеров. Мероприятия по предотвращению понижения уровней воды. – М.: Транспорт, 1987. – 50 с.
8. Жданов В.В. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации выправительных сооружений из грунта / В. В. Жданов. – М.: Транспорт, 1971. – 191 с.
9. Агеева В.В. Оценка воздействия разработки карьера по добыче песка из русла реки на изменение гидрологического режима и руслоформирование / В.В. Агеева, Ю.А. Градинар // Сборник докладов II Международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий». – Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. – С. 4–8.
10. Техногенная трансформация русла р. Обь в нижнем бьефе Новосибирского гидроузла и её влияние на состояние водного пути / Р.С. Чалов, С.В. Павлушкин, К.М. Беркович, С.Н. Рулева // РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ (XXI ВЕК). – 2021. – № 4. – С. 30–35. – ISSN 1729–4258
11. Влияние добычи НСМ на русловой режим и судоходные условия на нижней Каме // Совершенствование проектирования, реконструкции содержания воднотранспортных гидротехнических сооружений, организации производства путевых работ (Сб. Трудов ЛИВТа). – 1992. – С. 126–145.
12. Ситнов А.Н. Особенности разработки пойменных карьеров НСМ в меандрирующих руслах рек (на примере р. Белая) / А.Н. Ситнов, М.В. Шестова, Ю.Е. Воронина // Труды 22–го международного научно–промышленного форума «Великие реки – 2020». – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – С. 42. – ISBN 978-5-901722-67-1
13. Барышников, Н. Б. Русловые карьеры и их влияние на судоходство / Н.Б. Барышников, Д.И. Исаев // Внутренние водные пути России. История. Современность. Перспективы...: Региональная научно–техническая конференция, посвященная 200–летию государственного управления водными коммуникациями России. Материалы конференции и тезисы докладов, Санкт–Петербург, 13 марта 1998 года. – СПб: Санкт–Петербургский государственный университет водных коммуникаций, 1998. – С. 84–90.
14. Беркович К. М. Природно-ориентированные подходы к добыче аллювиальных строительных материалов из речных русел и пойм / К. М. Беркович, Л. В. Злотина, Л. А. Турыкин // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. – 2012. – № 3. – С. 3–13. – ISSN 2412-9518
15. Yalin M.S. Theory of hydraulic models. Macmillan, London, 1971 – s. 266.
16. Babarutsi S., Nassiri M., and Chu V.H. Computation of shallow recirculating flow dominated by friction // Journal of Hydraulic Engineering. 1996 V. 122 No. 7 P. 367–372.

17. Lagasse P. F., Winkey B. R., Simmons D. B. Impacts of gravel mining on river system stability // J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division, American Society of Civil Engineers. 1980. Vol. 106. P. 398-404.
18. Kondolf G.M. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining // Landscape and Urban Planning. 1994. Vol. 28. P. 225-243.

References

1. Poslanie Prezidenta RF Federal'nomu Sobraniyu «Poslanie Prezidenta Federal'nomu Sobraniyu» ot 21.04.2021.
2. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF «O transportnoj strategii Rossijskoj Federacii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» ot 27.11.2021 № 3363-r // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. – 2021 g. – s izm. i dopol. v red. ot 03.12.2021.
3. Atlas Edinoj glubokovodnoj sistemy Evropejskoj chasti RF. tom 10. Ot reki Ufa do ust'ya, FBU «Administraciya «Volgo–Balt», (2017).
4. STO 52.08.31–2012 «Dobycha nerudnyh stroitel'nyh materialov v vodnyh ob'ektah. Uchet ruslovogo processa i rekomendacii po proektirovaniyu i ekspluatacii ruslovnyh kar'erov». – SPb.: Globus, 2012. – s. 140.
5. Rekomendaciyam po prognozu deformacij rechny'x rusel na uchastkax razmesheniya kar'erov i v nizhnix b'efax gidrouzlov, - Leningrad: Transport, 1988 g.
6. Metodika rascheta ponizheniya urovnej vody pri dobyche nerudnyh stroitel'nyh materialov // M–vo rech. flota RSFSR, Gl. upr. portov; [i dr.]. – M.: Transport, 1984. – s. 21.
7. Rukovodstvo po proektirovaniyu ruslovy'x kar'erov. Meropriyatiya po predotvrashheniyu ponizheniya urovnej vody / Ministerstvo rechnogo flota RSFSR / , Leningrad: Transport, 1987 g.
8. Zhdanov, V.V. Rukovodstvo po proektirovaniyu, stroitel'stvu i ekspluatacii vypravitel'nyh sooruzhenij iz grunta – M.: Transport, 1971. – s. 191.
9. Ageeva, V.V., Gradinar, Y.A. «Assessment of the impact of the development of a quarry for the extraction of sand from the riverbed on changes in the hydrological regime and riverbed formation» Sbornik dokladov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Ekologicheskaya bezopasnost' i ustojchivoe razvitie urbanizirovannyh territorij».– N. Novgorod: NNGASU, 2019. – P. 4–8.
10. Chalov, R.S., Pavlushkin, S.V., Berkovich, K.M., Ruleva, S.N. "Tekhnogennaya transformaciya rusla r. Ob' v nizhnem b'efe Novosibirskogo gidrouzla i eyo vliyanie na sostoyanie vodnogo puti" RECHNOJ TRANSPORT (XXI VEK).– 2021. – № 4. – P. 30-35. – ISSN 1729–4258
11. Vliyanie dobychi NSM na ruslovoj rezhim i sudohodnye usloviya na nizhnej Kame // Sovershenstvovanie proektirovaniya, rekonstrukcii sodержaniya vodnotransportnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij, organizacii proizvodstva putevyh rabot (Sb. Trudov LIVTa).– 1992. – P. 126–145.
12. Sitnov, A.N. «Features of development of NSM floodplain quarries in meandering river beds (using the example of the Belaya river)» V sbornike: Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki-2020».
13. Baryshnikov, N. B., Isaev, D.I. «Ruslovye kar'ery i ih vliyanie na sudohodstvo» Vnutrennie vodnye puti Rossii. Istoriya. Sovremennost'. Perspektivy...: Regional'naya nauchno–tekhnicheskaya konferenciya, posvyashchennaya 200–letiyu gosudarstvennogo upravleniya vodnymi kommunikacijami Rossii. Materialy konferencii i tezisy dokladov, Sankt–Peterburg, 13 marta 1998 goda. – SPb: Sankt–Peterburgskij gosudarstvennyj universitet vodnyh kommunikacij, 1998.– P. 84–90.
14. K. M. Berkovich, L. V. Zlotina, L. A. Turykin "Prirodno-orientirovannye podhody k dobyche allyuvial'nyh stroitel'nyh materialov iz rechnykh rusel i pojm" Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o zemle. – 2012. – № 3. – pp. 3–13. – ISSN 2412-9518
15. Yalin M.S. Theory of hydraulic models. Macmillan, London, 1971 – s. 266.
16. Babarutsi S., Nassiri M., and Chu V.H. Computation of shallow recirculating flow dominated by friction // Journal of Hydraulic Engineering. 1996 V. 122 No. 7 P. 367–372.

17. Lagasse P. F., Winkey B. R., Simmons D. B. Impacts of gravel mining on river system stability // J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division, American Society of Civil Engineers. 1980. Vol. 106. P. 398-404.
18. Kondolf G.M. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining // Landscape and Urban Planning. 1994. Vol. 28. P. 225-243.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Агеева Вера Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры гидравлики, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ФГБОУ ВО «ННГАСУ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, e-mail: sbag.nn@yandex.ru

Vera V. Ageeva, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Department of hydraulics, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65, Ilinskaya st, Nizhny Novgorod, 603950

Люкина Екатерина Андреевна, студент специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ФГБОУ ВО «ННГАСУ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, e-mail: luykinakatya@yandex.ru

Ekaterina A. Lyukina, Student of the specialty 08.05.01 «Construction of unique buildings and structures, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65, Ilinskaya st, Nizhny Novgorod, 603950

Матюгин Михаил Александрович, 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: mihailmatyugin@mail.ru

Mikhail A. Matyugin, 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 11.04.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.
Received 11.04.2022; published online 07.06.2022.