



УДК 627.4:625.7/8

С. О. АГЕЕВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц. кафедры водных путей и гидротехнических сооружений; Д. А. БАНДИН<sup>1</sup>, ассистент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений; В. В. ГОГОЛЕВА<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц. кафедры гидротехнических сооружений; Д. А. ПОМЕЛОВ<sup>2</sup>, магистрант кафедры гидротехнических сооружений

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУСЛОВЫХ КАРЬЕРОВ

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Нестерова, д. 5.

Тел.: (831) 218-44-13.

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-42-89; эл. почта: gs@nngasu.ru

*Ключевые слова:* русловой карьер, антропогенные нарушения русловых процессов, гидрологический режим реки, твердый сток, моделирование речного потока, выпрямительные сооружения, струенаправляющая дамба, нижний бьеф.

*В связи с увеличением объемов дорожного строительства в Волгоградской области возникает острая потребность в качественных строительных материалах, что, в свою очередь, сопровождается необходимостью разработки новых карьеров. В работе рассмотрен русловой обводненный карьер строительных песков, особенностью которого является его расположение в нижнем бьефе Волжского гидроузла на входе в волжскую Куропатку вблизи основного и дополнительных судовых ходов. С учетом специфического расположения карьера предложены варианты ограничений и варианты инженерных мероприятий, позволяющих не допустить перераспределения расходов воды между рукавами и увеличить водность основного судоходного рукава.*

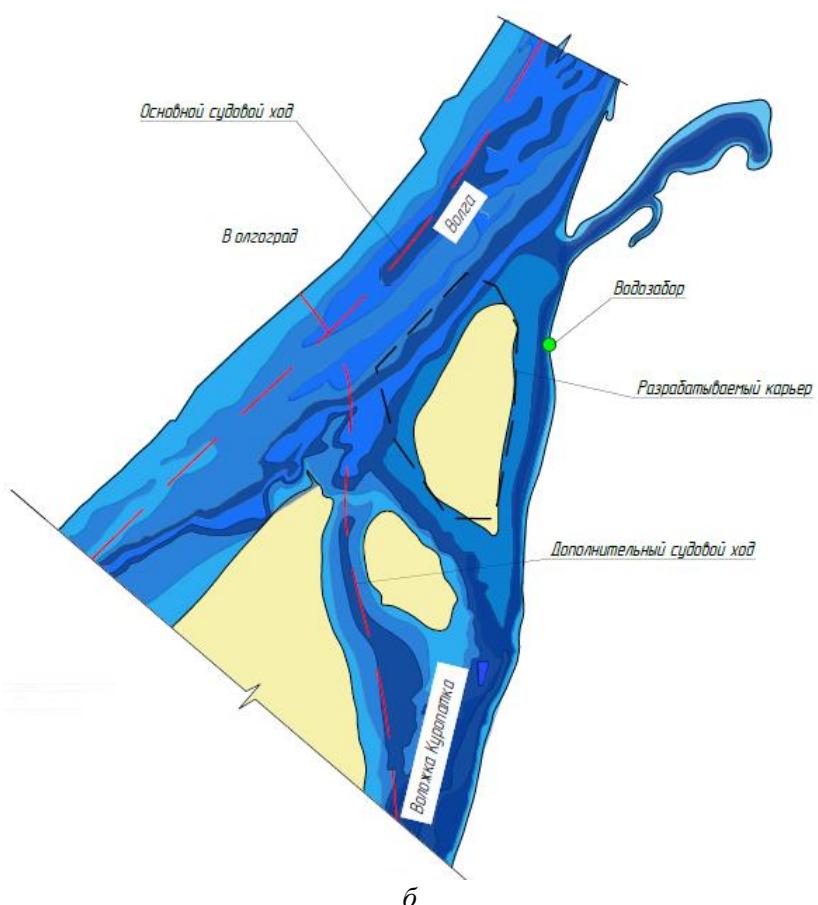
### Введение

Строительство автодорог в последнее время является одним из приоритетных направлений развития транспортной инфраструктуры Российской Федерации. В настоящий момент ведутся работы по строительству новой трассы обхода Волгограда, в составе которой планируется строительство нового моста. Реализация данного проекта требует обеспечения строительства качественными материалами, в т.ч. нерудными строительными материалами (НСМ).

С этой целью предлагается размещение карьера, на интервале 2549,0–2550,0 км у левой кромки судового хода р. Волги (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Схема расположения карьера а - на космическом снимке; б - на плане



## Материалы и методы

Как известно, разработка карьеров приводит к изменению естественного руслового процесса. В общем виде взаимодействие карьера с потоком воды и руслом реки подробно описано в различных источниках [1–6] и сводится к изменению гидравлических сопротивлений русла потоку, уровня и уклонов водной поверхности, скоростного поля потока, расхода донных и взвешенных наносов, форм транспорта наносов, крупности наносов, характера русловых деформаций выше и ниже карьера из-за резкого увеличения глубины потока.

Особенностью местоположения рассматриваемого карьера является то, что он расположен:

- в нижнем бьефе Волжского гидроузла (19 км от створа) в зоне суточного регулирования;
- в 31 км выше по течению от захода в Волго-Донской судоходный канал;
- на участке разделения русла реки Волги на рукава (основной судовой ход, воложка Куропатка);
- вблизи переката Обливной и окружен 3-мя судовыми ходами (основной судовой ход р. Волга; дополнительный судовой ход, ведущий в затон Волгоградский; дополнительный судовой ход по воложке Куропатка, ведущий к остановочному пункту Культбаза). Согласно Распоряжению РОСМОРРЕЧФЛОТА [7] вышеупомянутые судовые хода имеют гарантированные габариты (глубина, ширина, радиус закругления) от проектного уровня воды.

Вышесказанные особенности местоположения предполагаемого карьера могут усугубить неблагоприятную ситуацию, связанную с естественным понижением уровня воды, занесением существующих судовых ходов, перераспределением расходов воды между рукавами и т.д. и могут создать препятствия при проходе порогов шлюзов Волжского гидроузла и Первого шлюза Волго-Донского судоходного канала [8].

Несмотря на упомянутые выше неблагоприятные особенности, в связи с острой необходимостью в качественных строительных материалах, целесообразно провести исследования, целью которых будет поиск инженерных мероприятий, направленных на снижение негативного влияния запланированных работ на гидрологический режим и условия судоходства.

На первом этапе исследований была проанализирована гидрологическая характеристика участка. В результате были получены:

- графики колебаний уровня воды по гидрологическому посту (г/п) Волжская ГЭС, расположенному выше по течению предполагаемого карьера и водомерному посту (в/п) Волгоград, расположенному ниже по течению карьера;
- гидрограф стока по г/п Волжская ГЭС;
- графики связи между расходами и уровнями воды по г/п Волжская ГЭС и в/п Волгоград.

На втором этапе произведена ориентировочная оценка годовых объемов стока донных наносов (ввиду отсутствия натурных наблюдений). Расчеты выполнялись по формулам Б. Ф. Снищенко и З. Д. Копалиани, рекомендованным СТО 52.08.31–2012 [1], «Рекомендациями...» [2]. В результате получено, что ориентировочный сток донных наносов за расчетный год на рассматриваемом участке составляет 144 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Сравнительно небольшие показатели расхода донных наносов для большой равнинной реки связаны с местом размещения карьера в нижнем бьефе Волжского



гидроузла в зоне, охваченной общей эрозией русла (вследствие отсутствия стока руслоформирующих речных наносов в нижний бьеф из-за их аккумуляции (перехвата) в верхнем бьефе гидроузла (в водохранилище)). Таким образом, основным источником руслообразующего материала на исследуемом участке служит разрушение поймы и прирусловых отмелей, что требует дополнительной оценки.

В рамках исследований общие тенденции развития русла выявлялись совмещением планов (за основу взяты русловые съемки за 2014–2022 гг.).

Совмещенный план представлен на рис. 2.

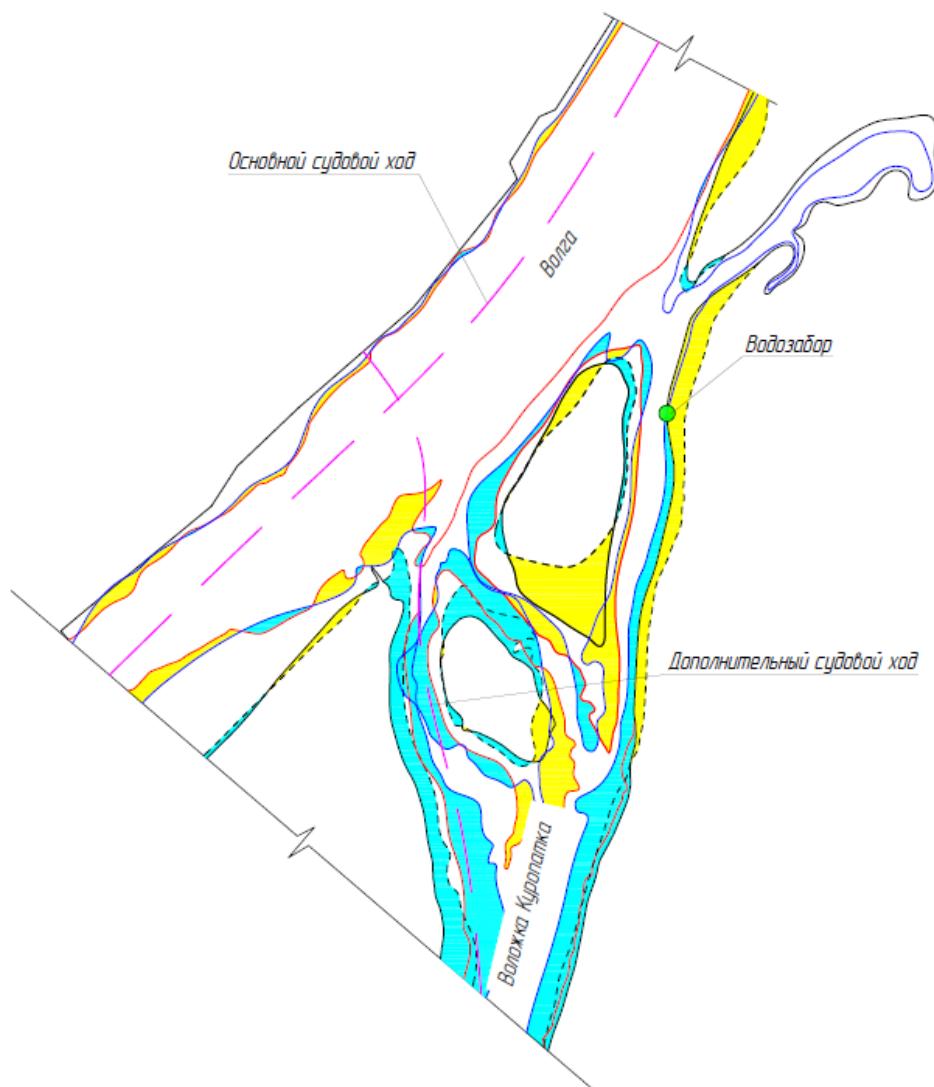


Рис. 2. Совмещенный план

Согласно проведенного анализа полного суточного расхода донных наносов и многолетних деформаций речного русла сделан вывод о том, что размещение карьера на данном участке без ограничения объема и/или разработки инженерных мероприятий является нецелесообразным, т.к. участок подвержен переформированию с преобладанием эрозионной составляющей руслового процесса над его аккумулятивной составляющей.



Кроме того, разработка карьера впоследствии может привести к перераспределению расходов воды по рукавам, что неблагоприятно скажется на судоходных условиях (снизится водность основного рукава реки Волги, а соответственно, и естественная глубина).

Для всесторонней оценки на следующем этапе логично построить планы течения реки в естественном и проектном (с размещенным карьером) состояниях и определить расходы воды в основном русле (до и после разделения на рукава) и в воложке Куропатка.

Учитывая специфическое расположение предполагаемого карьера, сложность участка и необходимость в перспективе проведения оценки эффективности предлагаемых инженерных мероприятий, построение планов течения реки методами, в основе которых лежит интегрирование площади поперечного сечения русла, является некорректным.

Ввиду этого, для настоящих исследований принято решение использовать методы численного моделирования. Решение задачи моделирования речного потока предлагается с использованием математической модели, основанной на решении полной системы уравнений Навье-Стокса. Система уравнений дополняется уравнением неразрывности потока. Для описания турбулентных явлений в речном потоке используется зарекомендовавшая себя высокорейнольдсовая  $k-e$  модель турбулентности. Эффективная вязкость в системе уравнений Навье-Стокса определяется согласно данной модели турбулентности. Система уравнений Навье-Стокса решается методом контрольных объемов, согласно которому вся расчетная область разбивается на простые геометрические объекты. Расчетная область участка реки формируется в виде твердотельной CAD-модели на основе гидрографических съемок.

В качестве граничных условий используется четыре условия: входная область потока; выходная область потока; дно реки – условие непротекания; свободная поверхность воды – условие симметрии. Подробно теоретические основы к расчету изложены в [9].

Задача численного моделирования решалась для участка русла реки в районе потенциального карьера между двумя живыми сечениями, перпендикулярными к динамической оси потока, в границах которого можно достоверно судить о характере распределения скоростей.

### Результаты исследования

Расчеты проведены для естественного состояния русла реки и русла реки с отработанным карьером, результаты расчета представлены ниже на рис. 3, 4. В табл. 1 представлена расшифровка скоростей течения в зависимости от цвета.

Таблица 1

#### Расшифровка скоростей течения в зависимости от цвета

Цвет	Значение, м/с	Цвет	Значение, м/с	Цвет	Значение, м/с
Красный	1,2	Зеленый	1,06	Синий	0,91
Оранжевый	1,16	Зеленый	1,02	Синий	0,88
Песочный	1,13	Голубой	0,98	Черный	0,84
Желтый	1,09	Синий	0,95		

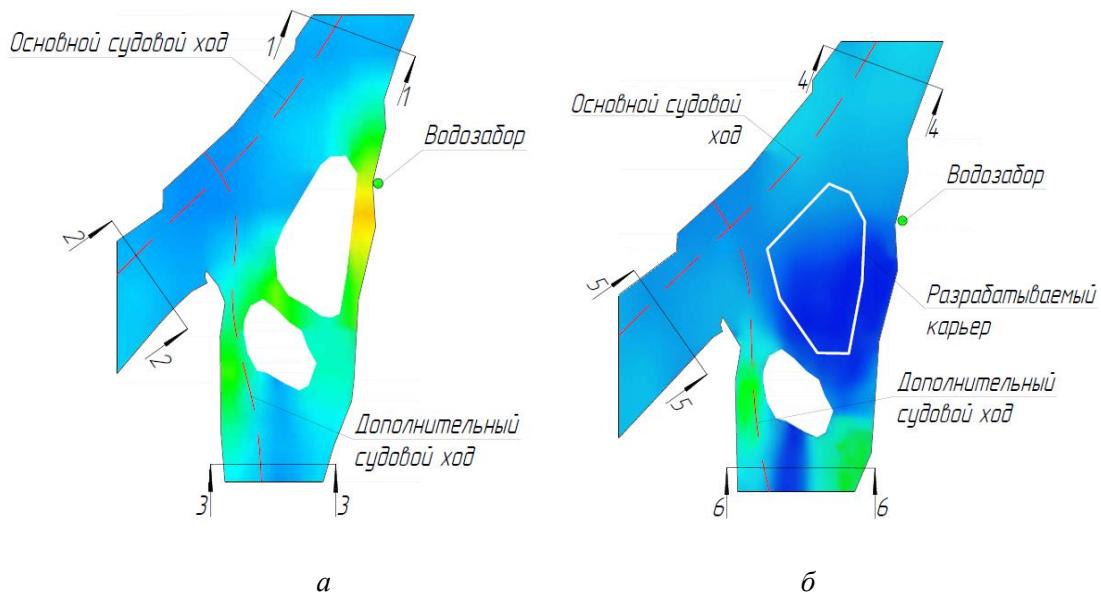


Рис. 3. Распределение скоростей течений речного потока: *а* - в естественном состоянии русла до разработки карьера; *б* - после разработки карьера

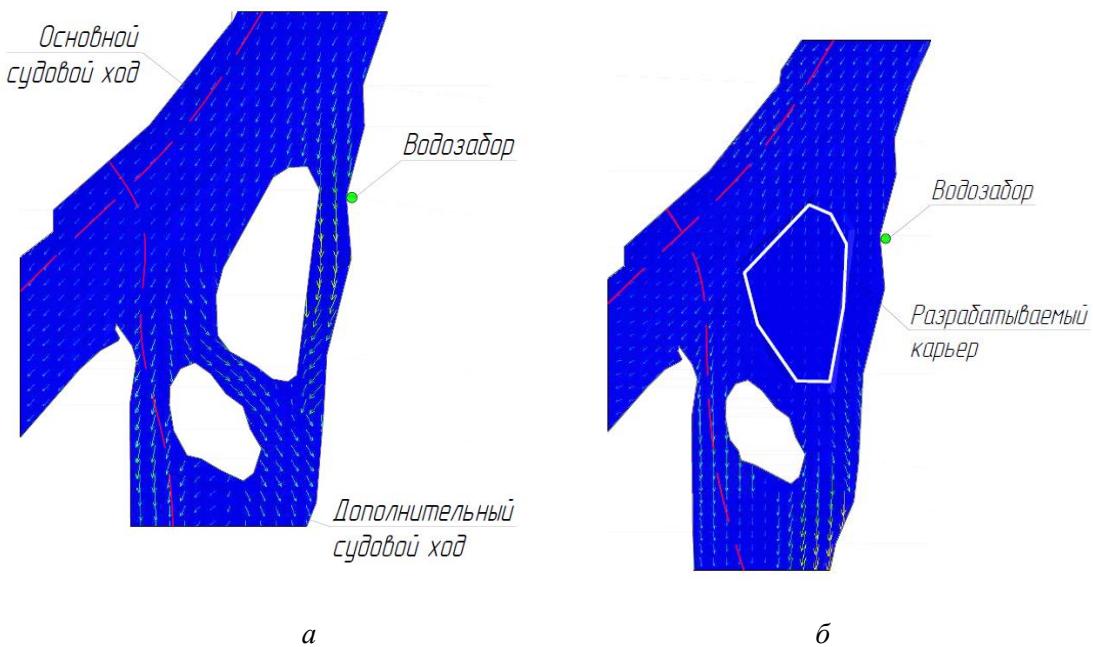


Рис. 4. Векторное распределение скоростей течений речного потока: *а* - в естественном состоянии русла до разработки карьера; *б* - после разработки карьера



Основные полученные расчетные показатели сведены в табл. 2, номера сечений на рис. 3.

Таблица 2

**Результаты расчетов расходов воды**

Естественное состояние русла			
№ Сечения	$S_{ж.сеч.}, м^2$	V, м/с	$Q, м^3/с$
1 – 1	8622,6	0,8	6857,65
2 – 2	4469,9	1,1	4916,95
3 – 3	2132,6	0,91	1940,70

Русло реки с карьером			
№ Сечения	$S_{ж.сеч.}, м^2$	V, м/с	$Q, м^3/с$
4 – 4	8622,6	0,8	6857,65
5 – 5	4469,9	0,96	4298,53
6 – 6	2132,6	1,2	2559,12

Анализ 2-х расчетных вариантов показал, что в ходе изъятия речного аллювия в русле реки Волги в предполагаемом месте без разработки дополнительных инженерных мероприятий заметно снижаются скорости течения у водозабора, прогрессирует процесс перераспределения потока.

Так, скорости течения и расходы воды в основном рукаве реки Волги после разработки карьера уменьшаются на 13 %, а в воложке Куропатка, напротив, увеличиваются на 32 %. Расходы воды из основного рукава направляются во второстепенный рукав (воложку Куропатку), что приведет к снижению уровня воды на основном судовом ходу (к уменьшению глубин).

Кроме того, заметное снижение скоростей течения у водозабора может привести к его засорению и ухудшению качества забираемой воды, а увеличение скоростей потока ниже по течению воложки Куропатка скажется на увеличении эрозии берегов и, соответственно, прогрессировании процесса аккумуляции ниже по течению.

Для стабилизации вышеописанного процесса предлагается запроектировать струенаправляющую дамбу. При этом логично было бы запроектировать струенаправляющую дамбу, примыкающую к левому берегу, тем самым перекрыть протоку между левым берегом и о. Обливной (рис. 5).

В вышеописанной протоке расположен водозабор (рис. 1), анализ планового материала [10] показал, что полное перекрытие воложки скажется негативным образом на его функционировании (заболачивание места изъятия воды, снижение уровней воды над оголовком водозабора). Ввиду этого настоящими исследованиями принята конфигурация струенаправляющей дамбы, представленной на рис. 5.

С целью анализа эффективности предлагаемых мероприятий введен дополнительный расчетный вариант, результаты расчета которого представлены ниже (рис. 5–7).

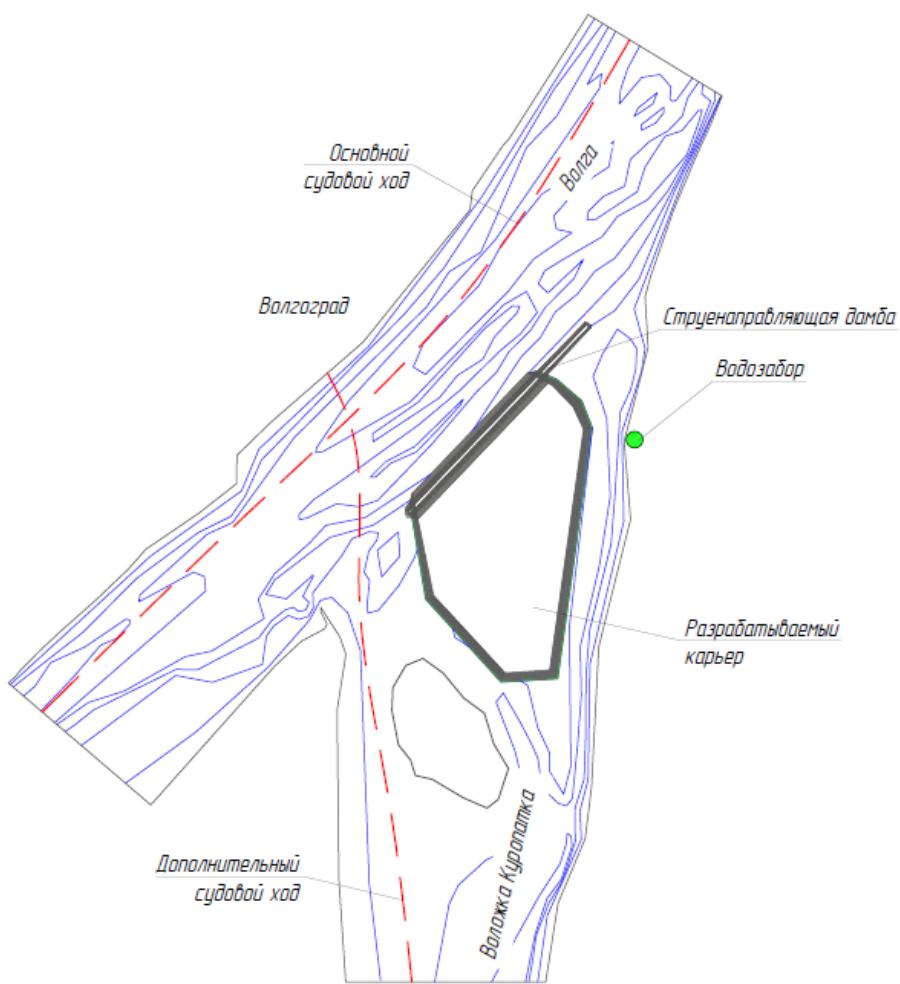


Рис. 5. Схема ограждения карьера струенаправляющей дамбой

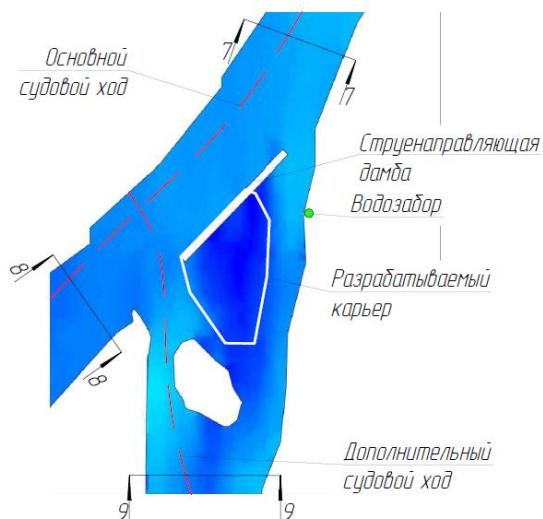


Рис. 6. Распределение скоростей течений речного потока при ограждении карьера струенаправляющей дамбой

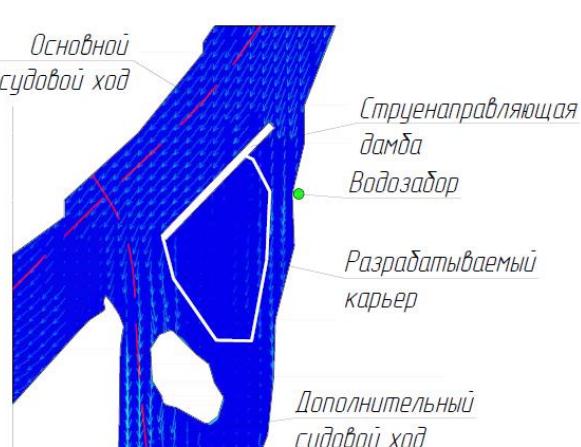


Рис. 7. Векторное распределение скоростей течений речного потока при ограждении карьера струенаправляющей дамбой



Основные полученные показатели по расчетному варианту со струенаправляющей дамбой сведены в табл. 3, номера сечений на рис. 6.

Таблица 3

**Результаты расчетов расходов воды**

Русло реки с карьером			
№ Сечения	S <sub>ж.сеч.</sub> , м <sup>2</sup>	V, м/с	Q, м <sup>3</sup> /с
7 – 7	8622,6	0,8	6857,65
8 – 8	4469,9	1,2	5363,88
9 – 9	2132,6	0,8	1493,77

По итогам исследований получается, что в результате строительства струенаправляющей дамбы удастся минимизировать влияние карьера на условия судоходства. Скорость и расход воды в основном рукаве на участке реки стабилизируются (скорости течения и расходы воды увеличиваются на 9 % в сравнении с естественным состоянием), что частично нивелирует посадку уровня воды в основном рукаве от работ по изъятию речного аллювия. Скорости течения у водозабора снижаются незначительно, что минимизирует негативное влияние разработки предполагаемого карьера на работу действующего водозабора.

**Выводы**

Для минимизации воздействия карьера на условия судоходства предлагается намыть струенаправляющую дамбу. Такое решение приведет к повышению водопропускной способности основного рукава реки Волги, что улучшит условия судоходства.

Кроме того, предлагаемое решение значительно снижает негативное влияние отработки на карьере на работу действующего водозабора.

**Рекомендации.** Проведенные расчеты наглядно иллюстрируют невозможность отработки предполагаемого карьера на данном участке без ограничений и выполнения дополнительных инженерных мероприятий из-за его значительного влияния на русской режим реки, и, как следствие, на судоходные условия участка реки.

В качестве ограничения предлагается вести добычу в ежегодных объемах, не превышающих годового стока донных наносов на рассматриваемом участке реки.

С целью недопущения увеличения водности воложки Куропатка следует предусмотреть строительство ограждающей (струенаправляющей) дамбы, что благоприятно скажется на водности основного рукава реки Волги.

**План дальнейших исследований.** Как известно, явление посадки уровня распространяется вверх по течению, что требует более детального анализа, требующего более подробных изысканий на участке НБ Волжского гидроузла – створ проектируемого карьера. С этой целью в качестве дальнейших исследований предполагается проведение русской съемки на вышеописанном участке и расчет посадки уровня в двух или трех расчетных вариантах соответственно:

- естественное состояние русла и с разработкой карьера;
- естественное состояние русла, с разработкой карьера и со струенаправляющей дамбой.

Дополнительно учитывая расположение карьера вблизи судовых ходов, планируется рассчитать шлейф мутности и оценить его влияние на их заносимость.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО 52.08.31–2012. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. – Санкт-Петербург : Глобус, 2012. – 140 с. – ISBN 978-5-4391-0023-7.
2. Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов / Государственный гидрологический институт, Главное управление гидрологии и метеорологии Болгарской академии наук, Институт гидрологии и метеорологии. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1988. – 127 с.
3. Ситнов, А. Н. Прогноз русловых деформаций и особенности разработки пойменных карьеров нерудных строительных материалов в меандрирующих руслах рек с учетом безопасности условий судоходства (на примере р. Белая) / А. Н. Ситнов, М. В. Шестова, Ю. Е. Воронина. – Текст : электронный // Научные проблемы водного транспорта. – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2020. – Выпуск 65. – С. 179–188. – URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.138> (дата обращения: 29.10.2022).
4. Агеева, В. В. Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидрологические и судоходные условия реки при разработке руслового карьера выправительными сооружениями / В. В. Агеева, Е. А. Люкина, М. А. Матюгин. – Текст : электронный // Научные проблемы водного транспорта. – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2022. – Выпуск 71. – С. 199–212. – URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.257> (дата обращения: 01.11.2022).
5. Учет русловых процессов при размещении обводненного одиночного карьера / В. В. Агеева, Д. А. Кожанов, Е. А. Люкина, М. А. Решетников // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1. – С. 104–111.
6. Исследование воздействия руслового карьера (РК) нерудных строительных материалов (НСМ) на режим переката на верхней Оке / К. М. Беркович, Л. В. Злотина, А. К. Ильясов, Л. А. Туркин // Речной транспорт (XXI век). – Москва, 2016. – № 4. – С. 42–47.
7. Об установлении категорий внутренних водных путей, определяющих для участков внутренних водных путей габариты судовых ходов и навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов, перечень судовых ходов, а также сроки работы средств навигационного оборудования и судоходных гидротехнических сооружений в навигацию 2025 года : распоряжение Росморречфлота от 18.06.2025 № АТ-178-р : [редакция от 20.11.2025]. – URL: <http://obirvp.ru/documents>. – Текст : электронный.
8. Помелов, Д. А. Предварительные результаты исследований для разработки инженерных решений с целью улучшения судоходных условий участка реки в НБ гидроузла в условиях изъятия речного аллювия / Д. А. Помелов, С. О. Агеев, В. В. Гоголева // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства : сборник тезисов докладов VII Всероссийского научно-практического семинара, Москва, 22 мая 2024. – Москва : МИСИ : МГСУ, 2024. – С. 86–87.
9. Theoretical Basis for One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Calculations. – Davis, CA : Institute for Water Resources, 2016 – 538 p.
10. Атлас Единой глубоководной системы Европейской части РФ. Том 7. Река Волга. От Волгоградского гидроузла до Астрахани / Министерство транспорта Российской Федерации. – Санкт-Петербург : Волго-Балт, 2016. – 98 с.



AGEEV Sergey Olegovich<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of waterways and hydraulic structures; BANDIN Denis Alekseevich<sup>1</sup> assistant of the chair of waterways and hydraulic structures; GOGOLEVA Vera Valerevna<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of hydraulic structures; POMELOV Dmitriy Alekseevich<sup>2</sup>, master degree student of the chair of hydraulic structures

## WAYS TO REDUCE ENVIRONMENTAL AND TRANSPORT RISK IN RIVERBED QUARRY DEVELOPMENT

<sup>1</sup>Volga State University of Water Transport. Russia.

5, Nesterova St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

Tel.: (831) 218-44-13.

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: (831) 430-42-89; e-mail: gs@nngasu.ru

*Key words:* riverbed quarry, anthropogenic disturbances of riverbed processes, hydrological regime of the river, solid runoff, modeling of river flow, straightening structures, directional dam, tailwater.

*Due to the increase in the volume of road construction in the Volgograd region, there is an urgent need for high-quality construction materials, which in turn is accompanied by the need to develop new quarries. In this paper, a watered channel quarry of construction sands is considered, the peculiarity of which is its location in the tailwater of the Volzhsky hydroelectric complex at the entrance to the Kurapatka branch near the main and additional navigation channels. Taking into account the specific location of the quarry, variants of restrictions and engineering measures are proposed to prevent the redistribution of water flow between the arms and increase the water content of the main navigable arm.*

## REFERENCES

1. STO 52.08.31–2012. Dobycha nerudnykh stroitelnykh materialov v vodnykh obektakh. Uchet ruslovoego protsessa i rekomendatsii po proektirovaniyu i ekspluatatsii ruslovykh karerov [Extraction of non-metallic construction materials in water bodies. Accounting for channel processes and recommendations for the design and operation of channel quarries]. Saint Petersburg, Globus, 2012, 140 p. ISBN 978-5-4391-0023-7.
2. Rekomendatsii po prognozu deformatsiy rechnykh rusel na uchastkakh razmeshcheniya karerov i v nizhnikh befakh gidrouzlov [Recommendations for the prediction of river channel deformations in quarry placement areas and in the tailwater of hydraulic structures]. Gosudarstvennyy gidrologicheskiy institute. Glavnoe upravlenie gidrologii i meteorologii Bolgarskoy akademii nauk. Institut hidrologii i meteorologii. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1988, 127 p.
3. Sitnov A. N., Shestova M. V., Voronina Yu. E. Prognoz ruslovykh deformatsiy i osobennosti razrabotki poymennykh karerov nerudnykh stroitelnykh materialov v meandriruyushchikh ruslakh rek s uchetom bezopasnosti usloviy sudokhodstva (na primere r. Belya) [Forecast of channel deformations and features of development of floodplain quarries of non-metallic construction materials in meandering river channels, taking into account the safety of navigation conditions (using the example of the Belaya River)]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]. Nizhny Novgorod, VGUVT, 2020, Issue 65, P. 179–188. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.138> (accessed: 29.10.2022).



4. Ageeva V. V., Lyukina E. A., Matyugin M. A. Meropriyatiya po snizheniyu negativnogo vozdeystviya na gidrologicheskie i sudokhodnye usloviya reki pri razrabotke ruslovogo karera vypravitelnymi sooruzheniyami [Measures to reduce the negative impact on the hydrological and navigation conditions of the river during the development of a channel quarry using training structures]. Nauchnye problemy vodnogo transporta [Russian Journal of Water Transport]. Nizhny Novgorod, VGUVT, 2022, Issue 71, P. 199–212. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.257> (accessed: 01.11.2022).
5. Ageeva V. V., Kozhanov D. A., Lyukina E. A., Reshetnikov M. A. Uchet ruslovych protsessov pri razmeshchenii obvodnennogo odinokogo karera [Accounting for channel processes when placing a single flooded quarry]. Privilzhskiy nauchny zhurnal [Privilzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, № 1, P. 104–111.
6. Berkovich K. M., Zlotina L. V., Ilyasov A. K., Turykin L. A. Issledovanie vozdeystviya ruslovogo karera (RK) nerudnykh stroitelnykh materialov (NSM) na rezhim perekata na verkhney Oke [Study of the impact of a channel quarry (CK) of non-metallic construction materials (NCM) on the riffle regime on the upper reaches of the Oka River]. Rechnoy transport (XXI vek) [River Transport (XXI Century)]. Moscow, 2016, № 4, P. 42–47.
7. Ob ustanovlenii kategoriy vnutrennikh vodnykh putey, opredelyayushchikh dlya uchastkov vnutrennikh vodnykh putey gabarity sudokhodnykh khodov i navigatsionno-gidrograficheskoe obespechenie usloviy plavaniya sudov, perechen sudokhodnykh khodov, a takzhe sroki raboty sredstv navigatsionnogo oborudovaniya i sudokhodnykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy v navigatsiyu 2025 goda [On establishing categories of inland waterways that determine for sections of inland waterways the dimensions of fairways and navigational and hydrographic support for navigation conditions, a list of fairways, as well as the operating periods of navigation equipment and navigational hydraulic structures during the 2025 navigation season]: rasporyazhenie Rosmorrechflota ot 18.06.2025 № AT-178-r : [redaktsiya ot 20.11.2025]. – URL: <http://obirvp.ru/documents>.
8. Pomelov D. A., Ageev S. O., Gogoleva V. V. Predvaritelnye rezul'taty issledovaniy dlya razrabotki inzhenernykh resheniy s tselyu uluchsheniya sudokhodnykh usloviy uchastka reki v NB gidrouzla v usloviyakh izyatiya rechnogo allyuviya [Preliminary results of research for the development of engineering solutions to improve navigation conditions of a river section in the tailwater of a hydraulic structure under conditions of river alluvium extraction]. Sovremennye problemy gidravliki i gidrotekhnicheskogo stroitelstva [Modern Problems of Hydraulics and Hydraulic Engineering Construction]: sbornik tezisov dokladov VII Vserossiyskogo nauchno-prakticheskogo seminara, 22 maya 2024. Moscow, MISI: MGSU, 2024, P. 86–87.
9. Theoretical Basis for One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Calculations. Davis, CA: Institute for Water Resources, 2016, 538 p.
10. Atlas Edinoy glubokovodnoy sistemy Evropeyskoy chasti RF. Reka Volga. Ot Volgogradskogo gidrouzla do Astrakhani [Atlas of the Unified Deep-Water System of the European Part of the Russian Federation. The Volga River. From the Volgograd Hydraulic Structure to Astrakhan]. Vol. 7. Ministerstvo transporta Rossiyskoy Federatsii. Saint Petersburg, Volgo-Balt, 2016, 98 p.

© С. О. Агеев, Д. А. Бандин, В. В. Гоголева, Д. А. Помелов, 2025

Получено: 21.10.2025 г.