



УДК 627.4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ РИСКИ ПРИ РАБОТАХ ПО ДОБЫЧЕ НА ОБВОДНЕННЫХ КАРЬЕРАХ, СПОСОБЫ МИНИМИЗАЦИИ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Агеев Сергей Олегович, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Бандин Денис Алексеевич, ассистент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Гоголева Вера Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Помелов Дмитрий Алексеевич, магистрант кафедры гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Аннотация. В работе проанализированы экологические и транспортные риски, а также представлены результаты проведенного исследования, направленного на оценку и снижение негативных последствий, связанных с разработкой руслового карьера в нижнем бьефе Волжского гидроузла. С использованием методов численного моделирования выделены риски, связанные с изъятием строительного песка на участке реки в условиях разделения русла на рукава, предложены варианты снижения негативного влияния работ (локальная посадка уровня, перераспределения расходов воды между рукавами и др.) с использованием выправительных сооружений, произведен анализ эффективности предложенных мероприятий.

Ключевые слова: русловой карьер, судоходные условия, численное моделирование, струенаправляющая дамба, русловые процессы, экологические риски, разделение русла на рукава.

Потребность в качественных нерудных материалах для дорожного строительства в Волгоградской области, в частности для нового обхода Волгограда, определила планы по разработке карьера у левого берега р. Волги (километр 2549,0 – 2550,0). Как известно, размещение карьеров в руслах рек связано с различными негативными последствиями [1, 2]. Особую сложность в рассматриваемом случае представляет собой местоположение карьера: он находится в нижнем бьефе Волжской ГЭС, в зоне разделения русла на основной судовой ход и воложку Куропатка, вблизи нескольких судоходных трасс, вблизи

действующего водозабора. Такое расположение создает значительные риски, связанные с возможным перераспределением стока, активизацией русловых деформаций и, как следствие, ухудшением условий судоходства и забора воды.

Для отслеживания тенденций руслопереформирования участка, было выполнено совмещение планов, в основу которых взяты русловые съемки 2014 и 2022 года, рисунок 1.

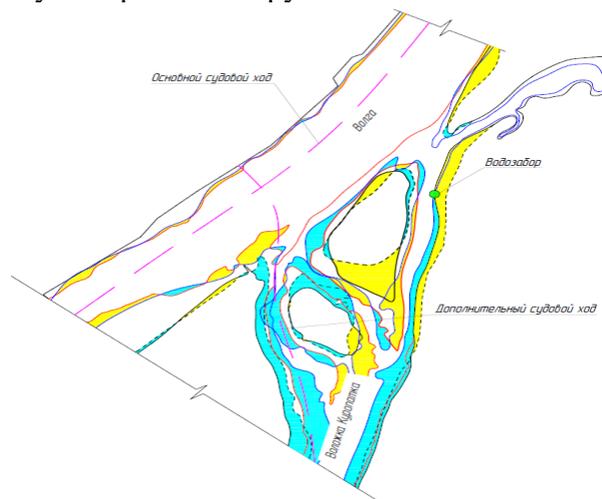


Рис. 1. Совмещенный план участка 2014-2022 гг.

Учитывая сложность участка, для более полной оценки воздействия карьера на русловые процессы, было выполнено численное моделирование, основанное на решении полной системы уравнений Навье-Стокса с $k-\epsilon$ моделью турбулентности. Модель была верифицирована на основе данных гидрологических и русловых съемок. Было рассчитано три сценария: естественное состояние русла, состояние после отработки карьера и вариант с карьером, огражденным струенаправляющей дамбой. Результаты моделирования наглядно продемонстрировали негативное воздействие карьера при отсутствии защитных мер. В этом случае наблюдается перераспределение потоков: расход воды в основном рукаве снижается с $4916,95 \text{ м}^3/\text{с}$ до $4298,53 \text{ м}^3/\text{с}$ (на 13 %), а в воложке Куропатка, напротив, возрастает с $1940,70 \text{ м}^3/\text{с}$ до $2559,12 \text{ м}^3/\text{с}$ (на 32 %). Это приведет к снижению уровней воды и ухудшению судоходных условий на основном фарватере. Кроме того, снижение скоростей течения в районе карьера может вызвать заиление водозабора, а увеличение скоростей в воложке – усилить эрозию берегов. Пример расчета приведен на рисунках 2, 3.

а)

б)

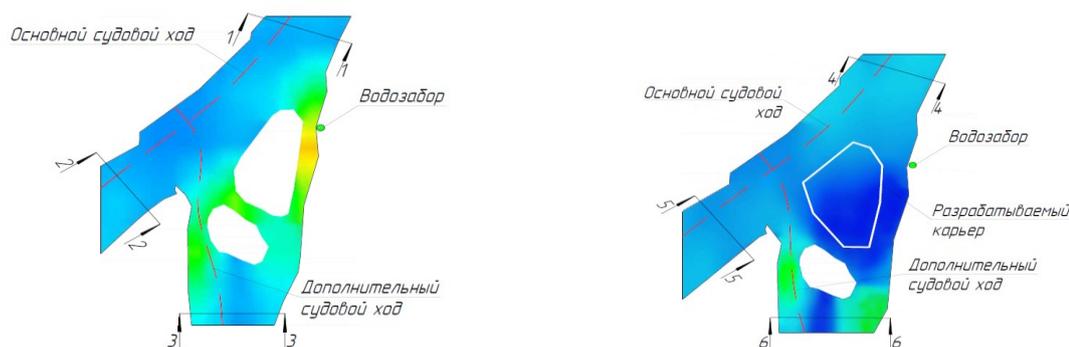
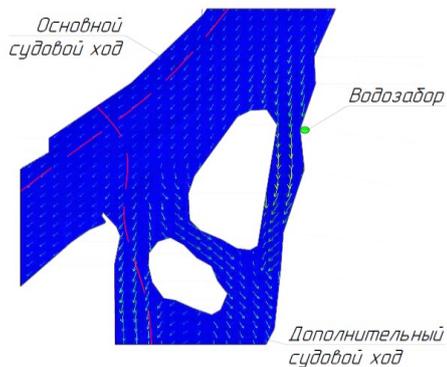


Рис. 2. Распределение скоростей течений речного потока: а) в естественном состоянии русла до разработки карьера; б) после разработки карьера

а)



б)

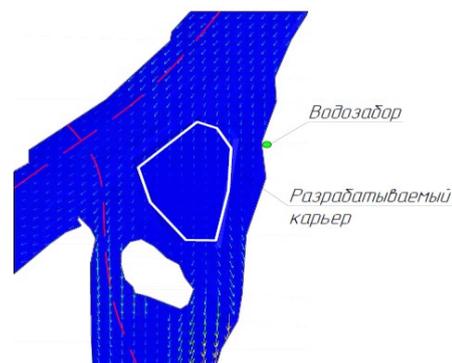


Рис. 3. Векторное распределение скоростей течений речного потока: а) в естественном состоянии русла до разработки карьера; б) после разработки карьера

Для минимизации выявленных рисков было предложено инженерное решение – устройство струенаправляющей дамбы. Ее конфигурация была разработана с учетом необходимости сохранения работы существующего в протоке водозабора. Расчеты подтвердили высокую эффективность данного мероприятия. После возведения дамбы расход в основном рукаве увеличился до $5363,88 \text{ м}^3/\text{с}$, что на 9 % выше исходного значения, а в воложке Куропатка сократился до $1493,77 \text{ м}^3/\text{с}$. Это позволит стабилизировать уровень и скоростной режимы, улучшив условия судоходства и минимизировать воздействие на водозабор. Результаты численного моделирования показаны на рисунках 4, 5.

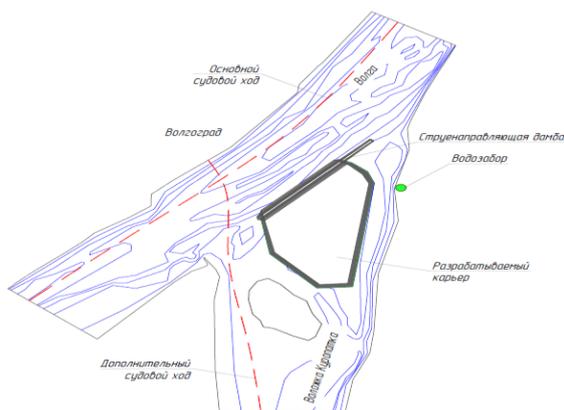


Рис. 4. Схема ограждения карьера струенаправляющей дамбой

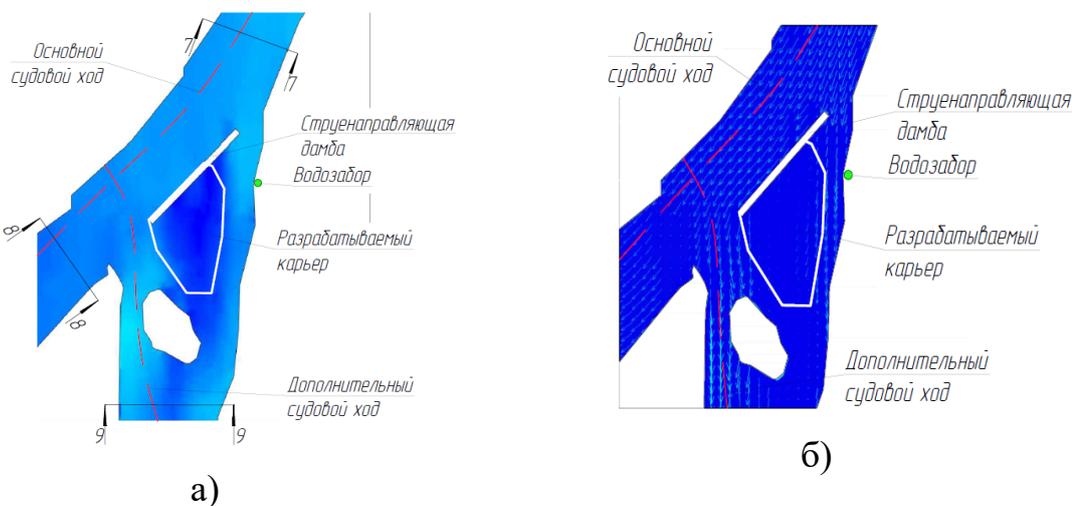


Рис. 5. Поле скалярных скоростей течений(а) и векторное распределение(б) речного потока при ограждении карьера струенаправляющей дамбой

Таким образом, проведенные исследования доказывают, что разработка карьера без ограничений и компенсационных мероприятий недопустима. В качестве необходимых мер рекомендуется: во-первых, ограничить годовые объемы добычи величиной стока донных наносов; во-вторых, предусмотреть строительство струенаправляющей дамбы для сохранения гидравлического режима основного судоходного рукава. Для окончательного заключения требуются дальнейшие изыскания, включающие детальную съемку участка, расчет распространения посадки уровней вверх по течению, а также оценку влияния шлейфа мутности от добычных работ на заносимость судовых ходов.

Список литературы:

1. 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 // Научные проблемы водного транспорта. вып. 65 – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – С. 179-188. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.138> (дата обращения: 29.10.2022).

2. 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 // Научные проблемы водного транспорта. вып. 71 – Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2022. – С. 199-212. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.257> (дата обращения: 01.11.2022).

3. 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.

4. 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.

ENVIRONMENTAL AND TRANSPORTATION RISKS IN WATER-FILLED QUARRY MINING OPERATIONS, METHODS FOR MINIMIZING NEGATIVE IMPACTS

Sergei O. Ageev, Denis A. Bandin, Vera V. Gogoleva, Dmitriy A. Pomelov,

Abstract. The work analyzes environmental and transportation risks and presents the results of a study aimed at assessing and mitigating the negative impacts associated with the development of a channel quarry in the lower pool of the Volga hydraulic engineering complex. Using numerical modeling methods, risks associated with the extraction of construction sand in a river reach characterized by channel bifurcation were identified; options for mitigating the negative impact of the operations (local water level drawdown, redistribution of water discharges between the channels, etc.) using training structures are proposed; and an analysis of the effectiveness of the proposed measures was carried out.

Keywords: channel quarry, navigation conditions, numerical modeling, flow-guiding damm, channel processes, environmental risks, channel bifurcation.