# РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

#### ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2020 № 1

УДК 622.271.3.8

#### О ПОСЛЕДСТВИЯХ ЗАТОПЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРОВ В СЕРБИИ

# С. Вуйич, М. Радосавлевич, С. Полавдер

Горный институт Белград, E-mail: slobodan.vujic@ribeograd.ac.rs, Батайнички пут, 2, г. Белград, Сербия

Изучены причины наводнения, произошедшего в мае 2014 г. в Сербии. Из-за прилива воды из притоков вышла из берегов р. Колубара и затопила угольные карьеры "Тамнава—Западное поле" и "Велики-Црлени". Описан ход наводнения и последствия поступления около 214.4 млн м<sup>3</sup> воды в выработанное пространство карьеров. Приводится ущерб, нанесенный угольному бассейну "Колубара".

Глобальное изменение климата, затопление угольных карьеров, угольный бассейн "Колубара", "Тамнава – Западное поле", "Велики-Црлени"

DOI: 10.15372/FTPRPI20200109

Угольный бассейн "Колубара", расположенный в 60 км к югу от Белграда, является крупнейшим поставщиком угля для электроэнергетики Сербии. До наводнения 2014 г. на угольных карьерах "Тамнава—Западное поле", "Поле Б", "Поле Д" и "Велики-Црлени" добывалось 35 млн т угля и перерабатывалось 70 млн м³ вскрышных пород в год. На карьере "Тамнава—Восточное поле" после 27 лет эксплуатации добыча угля прекращена в 2006 г. Для выемки, транспортировки и отвалообразования вскрышных пород используется непрерывная технология (роторные экскаваторы, передвижные и стационарные ленточные конвейеры, системы дробления угля).

В районе бассейна "Колубара", с его развитой гидрографической сетью, р. Колубара — основной водоток, протекающий с юга на север через центральную часть угольного бассейна и разделяющий его на восточную и западную части площадью соответственно  $\sim 60$  и  $250~\rm km^2$  (рис. 1). Река образована слиянием рек Обница и Ябланица в районе г. Валево, ее длина составляет  $86.5~\rm km$ . Колубара впадает в р. Сава вблизи г. Обреновац. Площадь водосбора  $\sim 3600~\rm km^2$ , объемный поток —  $31~\rm m^3/c$ . Водный режим характеризуется внезапными и высокими колебаниями уровней воды и стока [1].

## ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ И НАПРАВЛЕНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ

Обильные осадки и наводнения в районе угольного бассейна "Колубара" стали результатом глобального изменения климата. Проникновение холодного воздуха через Альпы в средиземноморский регион привело к образованию циклона, который 13 мая медленно перемещался

по Балканскому полуострову. В водосборе р. Колубара он вызвал экстремальное количество осадков. В большинстве участков измерений зарегистрировано  $170-220 \text{ л/m}^2$ , в окрестностях г. Валево — более  $300 \text{ л/m}^2$  (рис. 1). За короткий период времени были превышены показатели уровней осадков и воды в реках, наблюдаемые до этого. Экстремальное количество атмосферных осадков привело к выходу из берегов р. Колубара, притоков Пештан и Враничина, прорыву защитных насыпей во многих местах вдоль течения рек, затоплению угольных карьеров "Тамнава—Западное поле" и "Велики-Црлени", а также городских территорий, сельскохозяйственных угодий, уничтожению поголовья скота, разрушению домов, мостов, дорог, появлению оползней, ухудшению состояния окружающей среды и т. д. [2–5].

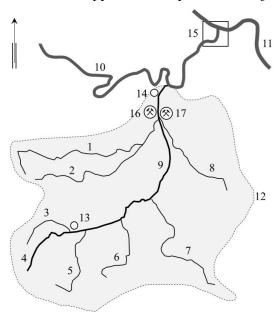


Рис. 1. Схема водосбора р. Колубара: 1 — р. Тамнава; 2 — р. Уб; 3 — р. Обница; 4 — р. Ябланица; 5 — р. Градац; 6 — р. Рибница; 7 — р. Лиг; 8 — р. Пештан; 9 — р. Колубара; 10 — р. Сава; 11 — р. Дунай; 12 — контур водосбора; 13 — г. Валево; 14 — г. Обреновац; 15 — г. Белград; 16, 17 — угледобывающие карьеры "Тамнава—Западное поле" и "Велики-Црлени"

### ЗАТОПЛЕНИЕ УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРОВ

В связи с подтоплением и прорывом защитных насыпей на р. Колубара и притоках Враничина и Пештан произошло изменение русла р. Колубара (рис. 2). Река проложила новое русло через р. Враничина до угольного карьера "Тамнава – Восточное поле", прорвав оградительную насыпь, защищавшую тамнавские угольные карьеры от подъема вод Колубары [6], Враничины и ручья Скобала (рис. 2). Из-за притока воды и прорыва защитной дамбы р. Кладница затоплен угольный карьер "Тамнава – Западное поле" [2]. Для защиты угольных карьеров от больших вод р. Кладницы построено водохранилище Палюви объемом 11.4 млн м³, которое должно без перелива принимать воду и через туннель уводить ее в реки Враничина и Колубара (рис. 2). Волна затопления прокатилась по водохранилищу, переполнила плотину и по старому руслу достигла р. Кладница. Сильное давление воды прорвало плотину, и в угольный карьер "Тамнава – Западное поле" вылилось ~ 15 млн м³ воды.

При проведении работ по регулированию р. Пештан ввод угольного карьера "Велики-Црлени" не планировался. Оградительная дамба вверх по течению р. Колубара длиной  $\sim 200$  м не была предназначена для защиты последнего. В условиях экстремальных осадков вверх по течению от устья р. Пештан до Колубары, вследствие замедленного течения воды, произошел перелив. Насыпь разрушилась в некоторых местах и на юго-восточной стороне водного стока в направлении угольного карьера "Велики-Црлени" (рис. 2). В выработанное пространство карьера "Тамнава – Западное поле" поступило 187 млн м<sup>3</sup> воды, в карьер "Велики-Црлени" — 27.4 млн м<sup>3</sup> (рис. 3a).

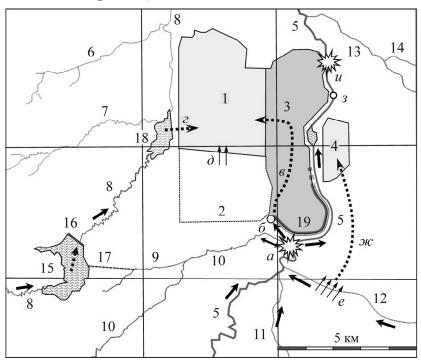
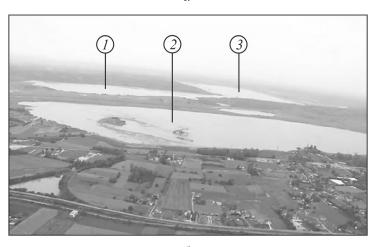


Рис. 2. Расположение затопленных участков угольных карьеров и направление течения волн затопления и проникновение воды: 1 — угольный карьер "Тамнава — Западное поле"; 2 — его проектные границы; 3, 4 — угольные карьеры "Тамнава — Восточное поле" и "Велики-Црлени"; водные потоки: 5 — Колубара; 6 — Плештаница; 7 — Стубленица; 8 — Кладница; 9 — Крля; 10 — Враничина; 11 — Лукавица; 12 — Пештан; 13 — Турия; 14 — Беляница; гидротехнические сооружения: 15 — водохранилище Палюви; 16 — плотина; 17 — тоннель для слива воды из водохранилища; 18 — ретенция Кладница; 19 — оградительная дамба; a — место поворота р. Колубара; a — прорыв насыпи; a — поток воды по угольному карьеру "Тамнава — Восточное поле"; a — проникновение воды из ретенции Кладница; a — проникновение воды из ретенции Дубоки Поток; a — выход из берегов р. Пештан; a — поток воды в направлении угольного карьера "Велики-Црлени"; a — выход из берегов р. Колубара; a — подтопление насыпи

В угольных карьерах "Тамнава – Западное поле" и "Велики-Црлени" под водой оказалось все горное оборудование (рис. 36) [7]. Стоимость уничтоженных и поврежденных горнодобывающих и энергетических ресурсов составила 181.1 млн евро, производственные потери — 305.8, общий ущерб — 487.7 млн евро [8, 9]. Выкачка воды из угольных карьеров продолжалась с мая 2014 г. до конца апреля 2015 г.

Согласно данным отчета "Наводнения 2014 года в Сербии", подготовленного ООН, ЕС, Всемирным банком и правительством Республики Сербия [3], в результате майских наводнений пострадало  $\sim 1.6$  млн чел., около 32 тыс. чел. были эвакуированы. Водная стихия унесла 51 человеческую жизнь. Общий ущерб составил  $\sim 1.7$  млрд евро, из которых 58% — стоимость уничтоженных материальных ресурсов, 42% — производственные потери.

a



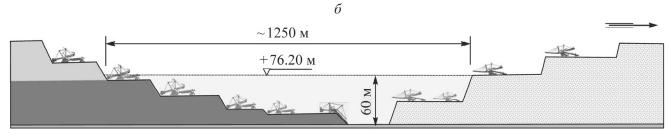


Рис. 3. Затопленные угольные карьеры бассейна "Колубара" (a) и схема расположения горного оборудования в карьере "Тамнава—Западное поле" ( $\delta$ ): I — "Тамнава—Восточное поле"; 2 — "Велики-Црлени"; 3 — "Тамнава—Западное поле"

#### выводы

Проливные дожди, вызванные циклоном над Балканским полуостровом, привели к возникновению мощных ливневых потоков, выходу рек из берегов, затоплению двух угольных карьеров. Анализ последствий затопления карьеров угольного бассейна "Колубара" свидетельствует о том, что при проектировании угледобывающих предприятий и планировании горных работ в районах с развитой гидрографической сетью должны проводиться целенаправленные исследования, направленные на выявление степени риска их затопления в экстремальных условиях изменения климата, с последующей разработкой мероприятий, обеспечивающих безусловную безопасность горных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- **1. Анализ** гидрологической ситуации в основных речных водосборах на территории Республики Сербия за 2014 г. Белград: Республиканский гидрометеорологический институт Сербии, 2014. 17 с.
- 2. **Прохаска С., Златанович Н.** Реконструкция катастрофического наводнения в мае 2014 г. в бассейне р. Колубара (Сербия) // Хорватские воды. 2016. № 24. С. 261 274.
- **3. Наводнения** в Сербии в 2014 г.: отчет / ООН, ЕС, Всемирный банк, Правительство Республики Сербия. Белград, 2014. 179 с.
- **4. Нишавич А., Зарич М., Гулан М., Декич Л.** Метеорологические условия в мае 2014 г. и возможность прогнозирования обильных осадков. Белград, 2014. 28 с.

- **5. Исследование** об оценке воздействия на окружающую среду. Дополнительный проект по разработке угольного карьера "Тамнава Западное поле", угольный бассейн "Колубара". Лазаревац, 2009. 158 с.
- 6. Исследование по улучшению водозащиты в водосборе р. Колубара. Белград, 2015. 339 с.
- **7. Петрович Б., Вуйич С., Чебашек В., Гайич Г., Игньатович** Д**.** Прогнозный анализ устойчивости откосов внутренних отвалов после затопления угольного карьера "Тамнава−Западное поле" //  $\Phi$ ТПРПИ. 2016. № 1. С. 110−115.
- **8. Вуйич С., Грубич А., Еленкович Р. и др.** Сербская горная промышленность и геология во второй половине XX века / Академия инженерных наук Сербии, Матица сербская, Горный институт Белград. Белград, 2014. 564 с.
- **9. Вуйич С., Войинович П.** Урок природы: Затопление тамнавских угольных карьеров в 2014 г. // Горн. вестник. 2017. С. 47 58.

Поступила в редакцию 09/XII 2019 После доработки 21/XII 2019 Принята к публикации 04/II 2020