Kliženje i pregrađivanje korita Leve reke kod Kraljeva izazvano ciklonom „Tamara” maja 2014. godine

DRAGUTIN D. JEVREMOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

SRĐAN D. KOSTIĆ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“,
Beograd

KATARINA D. ANDREJEV, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC: 551.243(497.11)“2014“

DOI: 10.5937/tehnika1504609J

U ovom stručnom radu autori daju prikaz inženjersko-geoloških uslova formiranja klizišta u desnoj dolinskoj strani Leve reke, koja pripada slivu Velike reke, koja se u Zapadnu Moravu, kao njena leva pritoka, uliva kod Kraljeva. Neposredni povod aktiviranja katastrofalnog kliženja u dolini Leve reke su intenzivne padavine koje su se dogodile tokom maja 2014. g. Detaljnim inženjersko-geološkim kartiranjem terena šireg područja zahvaćenog kliženjem ustanovljeno je da je klizište formirano u sredini izgrađenoj od flišnih tvorevina kredne starosti, u okviru kojih preovlađuju glinci i laporci „loših” inženjersko-geoloških svojstava. Prema najčešće korišćenim klasifikacijama, predmetno klizište je: brzo, primarno, formirano u slabovezanim stenskim masama, detruzivno, pridnupadinsko, konsekvantno, duboko (10-12m), velike površine ($>10\,000\text{m}^2$) i zapremine ($>100\,000\text{m}^3$) i pripada kategoriji kamenoblatnih tokova. Na bazi rezultata preliminarne inženjersko-geološke istrživanja, kao preventivne mere sanacije predložene su regulacija korita Leve reke kroz nagurani materijal, kontrolisano odvođenje voda, koje se procedure sa obe strane iz tela klizišta, direktno u Levu reku i planiranje površine tela klizišta.

Ključne reči: klizište, padavine, prirodna brana, inženjersko-geološka istrživanja, mere sanacije

1. UVOD

Pregrađivanje rečnih dolina stalnih vodotokova (potoka i reka) kliženjem nije retka pojava, o čemu su autori već pisali u prethodno objavljenom radu u ovom časopisu [1]. Naime, kada se stenske mase kliženjem sa padina nagomilaju u dnu doline vodotoka – koritu nastaju prirodne brane, zagati ili pregrade (u daljem tekstu pregrade), što dalje dovodi do formiranja prirodnih jezera, čijim probijanjem dolazi do iznenadnog izlivanja velike količine vode i zemljastog materijala, što može da ugrozi ljude i materijalna dobra u nizvodnom području, kao što je to bio slučaj velikog klizišta-odrona u Ovčar Banji. Treba istaći, međutim, da postoje prirodna jezera, formirana na prethodno opisani

način, koja su se zadržala do današnjih dana, poput jezera na Jovačkoj reci kod Vladičinog Hana. Takođe, postoje i takvi slučajevi gde su na mestima pregrada rečnih dolina kasnije izgrađene veštačke brane, kao na reci Visočici kod sela Zavoj u okolini Pirota [2].

Neposredni povod pregrađivanju rečnih dolina kliženjem najčešće predstavljaju intenzivne padavine u kratkom vremenskom periodu.

Na primer, formiranje zagata Zapadne Morave u Ovčar Banji prethodio je dugotrajni kišni period od 29. oktobra do 12. novembra 1896. godine [3]. Takođe, do pregrađivanja doline Jovačke reke kod Vladičinog Hana došlo je usled intenzivnih padavina u periodu od novembra 1976. do februara 1977. godine [4].

Naglašavamo da, osim velike količine padavine, do pregrađivanja rečnih dolina može doći i usled dejstva drugih činilaca, kao što je to bio slučaj pregrađivanja doline reke Lude Mare (Bunarska reka) kod Kavadaraca u Makedoniji 1956. g, kada je usled sufozionog ispiranja čestica tufova formirano ogromno klizište od

Adresa autora: prof. dr Dragutin Jevremović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Dušina 7

Rad primljen: 08.06.2015.

Rad prihvaćen: 30.06.2015.

preko 20 miliona m³ pokrenutog materijala koji je pregradio dolinu reke Lude Mare u dužini od oko 800 m i širini od oko 500 m. Minimalna visina pregrade (računajući od dna reke) iznosila je 32 m, a maksimalna 68 m [5].

Napomenimo da su poznati primeri pregrađivanja rečnih dolina kliženjem i u svetu: (1) klizište i jezero Vaikaremoana na Novom Zelandu; (2) klizište Simareh u jugozapadnom Iranu i (3) klizište Usoj i jezero Sarez u jugoistočnom Tadžikistanu [6].

Poslednja navedena, prirodna brana u Tadžikistanu je i najvećih dimenzija na svetu: brana je visoka 600 m, duga oko 53 km, sa formiranom akumulacijom najveće dubine 550 m. Radi poređenja, ova brana je skoro duplo veća od najveće veštačke brane Nurek, takođe u Tadžikistanu [7].

Imajući u vidu moguće negativne posledice ovih pojava na ljude i materijalna dobra, izučavanje uslova, uzroka i neposrednih povoda njihovog nastanka značajno je sa stanovišta ocene rizika, naročito za vodoprivredne objekte - visoke brane i veštačke akumulacije, ali i za naselja nizvodno od pregrade.

Kao posledica intenzivnih padavina na teritoriji Srbije i porasta vodostaja reka (ciklon „Tamara”) tokom maja 2014. g. došlo je do pojave i reaktiviranja brojnih klizišta, od kojih su mnoga bila velikih zapremina i direktno oštetila stambene objekte i infrastrukturu [8].

Teritorija opštine Kraljevo je takođe bila zahvaćena ovim ciklonom, usled čega je došlo do formiranja novih i reaktiviranja starih klizišta na području Gokčanice, Lazaca, Stubla, i dr. [9].

Kliženje najvećih razmera zabeleženo je u desnoj dolinskoj strani Leve reke, čije je korito bilo privremeno pregrađeno naklinalnim materijalom. Ova privremena brana je potom, usled nadošle vode, probijena što je dovelo do potapanja terena u nizvodnom delu reke.

Na sreću, katastrofalno kliženje, formiranje i probijanje privremene brane odigralo se na relativno malo naseljenom delu opštine Kraljevo, tako da su izbegnute veće materijalne štete i ljudske žrtve.

Međutim, razvoj ovakvih pojava poziva na oprez, i potrebu evidentiranja svih potencijalnih nestabilnih padina na teritoriji opštine, u okviru kojih bi trebalo izvršiti određene preventivne mere (poput regulacije korita reke i pošumljavanja padine, u ovom slučaju), kako bi se izbegle pojave kliženja ovakvih razmera.

Na poziv rukovodstva grada Kraljeva, stručnjaci Rudarsko-geološkog fakulteta obišli su lokacije koje

su najugroženije procesom kliženja, evidentirali uočene pojave i predložili dalje istražne radove za izvođenje preventivnih i akutnih mera sanacije.

U ovom radu daje se prikaz klizišta većih razmera registrovanog na teritoriji opštine Kraljevo. Autori su mišljenja da razmena iskustava između inženjera u ovakvim ekstremnim slučajevima može doprineti da se razvoj sličnih katastrofalnih scenarija predupredi u budućnosti.

2. INŽENJERSKO-GEOLOŠKA SVOJSTVA TERENA

Klizište je aktivirano u desnoj dolinskoj strani Leve reke, koja pripada slivu Velike reke, pritoke Zapadne Morave, kod Kraljeva (slika 1). Sliv Leve reke izgrađuju stenske mase kredne starosti predstavljene kompleksom flišnih sedimenata.

Osnovni litološki članovi ovog kompleksa su liskunoviti peščari, glinoviti škrljci, glinci i laporci. Podređeno, u vidu proslojaka, u kompleksu se javljaju i konglomerati, a u vidu proslojaka i većih masa još i laporovito-peskoviti krečnjaci.

Kompleks flišnih sedimenata izdelfen je sistemom pukotina različite geneze i dimenzija. Osnovnu familiju pukotina čine površi slojevitosti. To je ujedno i najčešća familija pukotina sa učestalošću pojavljivanja od nekoliko milimetara pa do nekoliko desetina santimetara.

Osim ove familije pukotina zastupljene su još dve familije pukotina međusobno upravne i upravne na pukotine slojevitosti.

Usled delovanja atmosferilija, odnosno fizičko-hemijskih agenasa površinskog raspadanja pripovršinski delovi flišnog kompleksa su znatno ispucali. Gustina pukotina i prslina je najčešće u rasponu od 2-10 pukotina na dužni metar.

Pukotine su u dubljim delovima zapunjene produktima površinskog raspadanja – zemljastom raspadinom.

Usled podatnosti lakom površinskom raspadanju flišnih sedimenata, naročito glinovitijih litoloških članova i tektonski oštećenih, tj. ubranih i polomljenih litoloških članova, u njima dolazi do obrazovanja zemljasto-drobinske zone kore površinskog raspadanja – lako pokretljivog nanosa na padinama.

Raskvašavanje zemasto-drobinske zone u padinama često dovodi do pojave većih ili manjih otkidanja i kliženja, kao što je to bio slučaj sa kliženjem u desnoj dolinskoj strani Leve reke i njenog pregrađivanja naklinalnim materijalom (slika 2a).

Slika 1 - Geografski položaj klizišta i pregrade

2.1. Osnovne morfometrijske karakteristike padine, klizišta i pregrade

Nagib padine u kojoj je formirano klizište je promenljiv. U nožičnom delu je strmiji i iznosi od 30-35°, u središnjem delu je blaži i iznosi oko 25°, a u vršnom delu padine je najblaži i iznosi od 12-15°.

Relativna visina prirodne konstrukcije iznosi oko 180 m. Klizište je dužine od 150-200 m, sa promenljivom širinom - oko 100 m u nožici (širina pregrade – zemljane brane), oko 50 m u središnjem delu i oko

30 m u čeonom delu klizišta (slika 2b). Čeon ožiljak je visine oko 10 m sa nagibom od oko 45°, dok su bočni ožiljci nagiba oko 20-ak stepeni. Dubina klizne površi procenjuje se na oko 10 m (slika 3).

Površina tela klizišta iznosi oko 10.000 m². Jako je zatalasana, sa brojnim stablima iščupanog i ispreturnog drveća prečnika i do 0,5 m (slika 4). Celokupna pokrenuta stenska masa, odnosno zapremina tela klizišta procenjuje se na oko 100.000 m³.

Detaljna klasifikacija klizišta data je u tabeli 1.

Slika 2 - (a) Klizište u desnoj dolinskoj strani Leve reke (foto K. Andrejev); (b) Skica klizišta sa osnovnim morfometrijskim karakteristikama

Slika 3 – Inženjersko-geološki presek A-A' po osi klizišta i pregrade

Slika 4 - (a) Jedno od mnogobrojnih stabala koja su iščupana iz korena i preturena, (b) Nakrivljena stabla drveća (jedno niz padinu, drugo uz padinu) ukazuju na složen mehanizam kretanja (foto K. Andrejev)

Tabela 1. Klasifikacija klizišta formiranog u desnoj dolinskoj strani Leve reke [10]

Kriterijumi	Vrsta klizišta
Aktivnost procesa klizanja; brzina klizanja kod aktivnih klizišta	Ekstremno brzo
Trenutno stanje aktivnosti	Trenutno umireno
Vrsta pokrenutog materijala i način kretanja	Zaglinjeni kameno-blatni tok
Ovodnjenost tela klizišta	Vlažno
Način pomeranja	Kompozitno, sa različitim načinom pomeranja u različitim delovima tela klizišta
Način uvećanja tela klizišta	Klizište sa napredovanjem – površina tela klizišta se uvećava u smeru kretanja

2.2. Uzroci nastanka klizišta i pregrade

Osnovni preduslovi formiranja klizišta u dolini Leve reke su litološka vrsta stenske mase, način pojavljivanja i prostorni položaj, stanje svežine odnosno raspadnutosti, nagib padine, nagib levkastog oblika nekadašnje jaruge koji je uslovio koncentrisano dreniranje površinskih i podzemnih voda i nagib kontakta

raspadnute i sveže stenske mase (slika 5a). Formiranju klizišta prevashodno je doprinela debela zemljasto-drobinska zona kore površinskog raspadanja fliša, hidrogeološka funkcija stenskih masa u kori površinskog raspadanja (hidrokolektor) i njenoj podlozi (hidroizolator), odnosno vodozasićenje zemljasto-drobinske zone kore površinskog raspadanja.

Slika 5 - (a) Izgled „levkaste” jaruge duž koje je materijal pokrenut, a kroz koju voda i dalje otiče; (b) Jezero nastalo kada je naklizali materijal pregradio korito Leve reke (foto K. Andrejev)

Usled intenzivnih padavina u maju 2014. godine došlo je do vodozasićenja zemljasto-drobinske zone kore površinskog raspadanja flišnih sedimenata (laporci, lapori, glinci) duž jedne šire depresije – stare jaruge i do trenutnog kliženja-tečenja te mase.

Pri tom su pokrenute mase, pomerene translatorno niz padinu, i u dnu nožice padine formirale zemljastu branu visine oko 10m. Brana je pregradila korito reke i tako stvorila prirodno jezero (slika 5b).

Neposredno nakon pregrađivanja, reka je probila prirodnu branu, deo nanosa odnela nizvodno, poplavila teren duž svoje obale, kao i deo šumskog puta, odnela/porušila ili oštetila nekoliko manjih mostova koje je lokalno stanovništvo koristilo.

Osim zasićenja površinskim vodama zemljasto-drobinske zone kore površinskog raspadanja velikog udela na aktiviranje klizišta imalo je i podlokavanje nožičnog dela padine usled povećanog vodostaja Leve reke.

Napomenimo da u telu klizišta i dalje postoje značajne količine vode. Naime, sa leve i desne strane u nožičnom delu tela klizišta uočeno je isticanje vode izdašnjosti oko 1l/min. (slika 6).

Slika 6 - Proceđivanje i oticanje voda sa leve (a) i desne strane (b) tela klizišta (foto K. Andrejev)

3.1. Neposredni povodi nastanka klizišta i pregrade

Katastrofalne poplave i veliki broj klizišta na teritoriji opštine Kraljeva nastale sredinom maja 2014. godine posledica su velikih količina padavina. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda iz Beograda bile su to šeste po redu maksimalne zabeležene dnevne sume padavina na hidrometeorološkoj stanici Kraljevo u poslednjih 65 godina, od 1949. godine (slika 7a). Takođe, ukoliko posmatramo mesečne sume padavina na stanici Kraljevo od januara do juna 2014. godine, jasno je da je najveća količina padavina registrovana u maju 2014. g. (slika 7b). Osim toga, u periodu od 14.05.-16.05. godine na stanici Kraljevo je zabeleženo ukupno 88 mm/m² padavina, a na stanicama Gokčanica, Godaćica i Zakuta ukupno 113,4 mm/m², 90 mm/m² i 82,6 mm/m² padavina, redom, što je blizu maksimalne zabeležene mesečne sume padavina u periodu 1949-2013. godine [11, 12].

Ovakve intenzivne padavine uslovile su porast nivoa vode u stalnim vodotocima, obnavljanje povremenih tokova i formiranje novih, što, uz izdizanje novoa podzemnih voda i zasićenje padina i kosina vodom, pruža povoljne uslove za razvoj padinskih procesa: kliženja, tečenja, jaružanja i odronjavanja.

Slika 7 – (a) Registrovane maksimalne dnevne sume padavina (mm/m^2) u maju za period 1949-2014. g. na teritoriji grada Kraljeva. Na apscisi je prikazana svaka druga godina registrovanja, počevši od 1949. g. Za period 1986-1989. g. nema podataka na zvaničnoj internet stranici Republičkog hidrometeorološkog zavoda [11]; (b) Registrovane sume padavina na teritoriji opštine Kraljevo u periodu januar-jun 2014. g. [13].

3. ZAKLJUČAK

Klizište je trenutno privremeno umireno. Međutim, pri samom vrhu padine uočene su pukotine duž kojih može doći do odvajanja i pokretanja novih masa iz zemljasto-drobinske zone kore površinskog raspadanja flišnih sedimenata uz padinu. Dalja aktivnost procesa težiće ka izravnjanju površine terena, odnosno uspostavljanju trajne, stabilne ravnoteže padine. Padina je, generalno posmatrano, uzvodno i nizvodno od klizišta uslovno stabilna, ali pri niskom vodostaju reke neće biti daljih aktivnosti koje bi ugrozile ljudske živote i materijalna dobra.

U slučaju intenzivnih padavina i povećanja nivoa vode u reci došlo bi do naknadnih pomeranja i ponovnog formiranja zemljane brane, čak i većih dimenzija. Naglo probijanje brane moglo bi da ima katastrofalne posledice po naselja, stanovništvo i infrastrukturne objekte nizvodno od pregrade. Zato je potrebno privremeno na adekvatan način regulisati korito Leve reke, izvršiti planiranje i dreniranje tela klizišta i sprovesti agrotehničke melioracione mere.

Za trajno rešenje, koje bi podrazumevalo preduzimanje akutnih mera sanacije, neophodno je izvesti detaljna inženjersko-geološka istraživanja na osnovu kojih bi se projektovale odgovarajuće sanacione mere, koje bi osigurale trajnu stabilnost padine. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja, po mišljenju autora ovog rada, kao mere sanacije mogu da se primene: regulisanje korita Leve reke na delu koji je ugrožen kliženjem, postavljanje potpornog zida duž ugrožene

zone u koritu reke prema padini, postavljanje kanaleta za kontrolisano odvođenje površinskih voda, kao i odgovarajuće prikupljanje podzemnih voda izradom drenažnih rovova i njihovo odvođenje van tela klizišta.

Naglašavamo da opisani slučaj pregrađivanja korita reke ukazuje na to da još uvek nije moguće dovoljno tačno prognozirati vreme i intenzitet pojavljivanja geoloških procesa. Šta je razlog tome? Jedan od razloga je svakako nedovoljno izučavanje stenskih masa kao sredine u kojoj se dešavaju geološki procesi. Treba znati da od sastava, strukturno-teksturnih i fizičko-mehaničkih svojstava i stanja stenskih masa, odnosno od geneze i osobenosti njihovog geološkog života, često zavisi mogućnost nastanka geoloških procesa.

LITERATURA

- [1] Jevremović, D, Sunarić, D, Kostić, S. Tehnika 5/2011, p. 731-736, 2011.
- [2] Gojgić, D, Janjić, M, Luković, S. Bulletin of the Institute for geological and geophysical research, Series B, No.4-5, p. 136-146, 1964/65.
- [3] Perić, J. Odron na desnoj dolinskoj strani Zapadne Morave u Ovčar Banji. Vodič za ekskurziju „Hidroenergetski objekti i karstne pojave Zapadne Srbije, Istočne Crne Gore i Metohije”, V simpozijum jugoslovenskih geologa, Beograd, p. 8-9, 1962.
- [4] Jevremović, D, Kostić, S. Landslides risk in Serbia – case study Jovac landslide, Proceedings of International Conference „Environmental Geosciences

- and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety“, Moscow, Russia, p. 640-645, 2011.
- [5] Janjić, M. Inženjerska geodinamika. Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, 1976, str.36 (prema Varl, Ž. Adaptacija odrona „Gradot“ Kavadarci za formiranje nasute brane, str. 246-248, 1960?)
- [6] Schuster, R. L, Highland, L. M. Environ. Eng. Geosci. 8, 25–44, 2007.
- [7] Schuster, R. L. Usoi landslide dam, southeastern Tajikistan. in Proc., Int'l. Symp. on Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage, Kyoto, 21-25 Jan., pp. 489-505, 2002.
- [8] Dangić, A. Bilten DGEITS-a, Posebna izdanja, jun 2014. Društvo geoloških inženjera i tehničara Srbije, 2014.
- [9] Jevremović, D. Izveštaj o inženjersko-geološkom rekonosciranju i registrovanim pojavama nestabilnosti terena i deformacija na objektima izazvanih katastrofalnim poplavama usled intenzivnih padavina tokom maja 2014. g. na teritoriji opštine Kraljevo. Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, 2014.
- [10] Cruden, D, VanDine, F. D. Classification, description, causes and indirect effects. Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides: a national initiative for loss reduction. Geological Survey of Canada, Open file 7359, 2013.
- [11] <http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija.php>
- [12] Republički hidrometeorološki zavod, Mesečni bilten za Srbiju, maj 2014. g. Odeljenje za klimatske analize i prognoze, informisanje i obuku, Sektor Nacionalnog centra za klimatske promene, 2014.
- [13] Republički hidrometeorološki zavod, Republički bilten za Srbiju, 2014. g. Odeljenje za klimatske analize i prognoze, informisanje i obuku, Sektor Nacionalnog centra za klimatske promene, 2015.

SUMMARY

LANDSLIDE DAM IN RIVER BED OF LEVA REKA NEAR KRALJEVO DUE TO CYCLONE „TAMARA” IN MAY 2014

In this professional paper authors present engineering-geological conditions of landslide activation at the right bank of Leva reka, in the basin of Velika reka, which flows into West Morava near Kraljevo, as its left tributary. Immediate cause of landslide activation is intense rainfall during the May in 2014. Results of the detailed engineering-geological field mapping of the area endangered by sliding indicate that landslide was formed within the Cretaceous flysh formation with predominant fraction of claystones and marlstones, which show unfavorable engineering-geological properties. According to the most frequently used classifications, the observed landslide belongs to the group of fast, primary, consequent and detrusive landslides, and it was formed as an earthflow in weakly coherent materials. Landslide was formed in the lowest part of the slope, with deep sliding surface (approximately 10-12m below the surface), large area (over 10000m²) and volume (over 100 000m³). Based on the results of preliminary engineering-geological research, authors suggest following preventive remediation measures: regulation of Leva reka river bed throughout the accumulated material, controlled drainage of spring water at both sides of accumulated material directly into the river bed, including the leveling of the surface of landslide body.

Key words: *landslide, precipitation, natural dam, engineering-geological research, remediation measures*