Инженерногеоложка характеристика на Дунавския бряг между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър

Румяна Ангелова

Геологически институт, Българска академия на науките, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 24, София 1113

Engineering geological characteristics of Danube right bank between Kozloduy and Gorni Tsibar

Roumyana Angelova

Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev str., bl. 24, 1113 Sofia;

E-mail: r_angelova@geology.bas.bg

Abstract. The geotechnical properties of soils (clays of the Brusarci Formation and loess complex) spread over the area of Danube right bank between the town of Kozloduy and the village of Gorni Tsibar have been determined. Complex landslides and river erosion are the most important geodynamic processes in the study area. Engineering geological zoning has been carried out, with two separated zones. The second zone is characterized with most complicated geotechnical conditions due to distribution of both old landslides and recently landslide activation in some sub-zones.

Key words: Danube right bank, Kozloduy-Gorni Tsibar area, clays of Brusarci Formation (Dacian–Romanian), loess complex (Quaternary), geotechnical soil properties, complex landslide type.

Резюме. Обобщени са резултатите за инженерногеоложките свойства на основните строителни почви (глини от Брусарската свита и лъсов комплекс), разпространени в района на Дунавския бряг между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър. От изследваните геодинамични процеси най-съществено значение в изследвания район имат свлачищата и речната ерозия. Извършено е инженерногеолошко райониране, като са отделени два участъка. С по-сложни инженерногеоложки условия се характеризира участък II, като в него са установени както стари свлачища, така и съвременен активизиране на свлачищните деформации в някои зони.

Ключови думи: Дунавски бряг, район Козлодуй-Горни Цибър, глини от Брусарската свита (Дак–Роман), лъсов комплекс (Кватернер), свойства на инженерногеоложките разновидности, сложен тип свлачища.

Въведение

През 70-те години на XX век бяха проведени голям обем инженерногеоложки проучвания по целия Дунавския бряг на територията на България във връзка с проектирания по това време хидротехнически комплекс „Никопол-Турну Мъгуреле“. Изследваният район обхваща Дунавския бряг между гр. Козлодуй (km 703⁸⁰⁰) и с. Горни Цибър (km 717⁶⁰⁰), с дължина около 14 km. Той е детайлно проучен от НИППИЕС „Енергопроект“ чрез прокарване на стотици моторни и ръчни ядрови сондажи и провеждане на редица лабораторни изследвания за определяне на състава и свойствата на разпространените в района инженерногеоложки разновидности (Яранов, 1956ф¹; Nenkov, Gogov, 1965; Цанков,

Колев, 1978ф²; Цанков, Гогов, 1978ф³). Извършени са физико-химични анализи за определяне на минералния състав на плиоценските глини и наблюдения на структурата им със сканиращ електронен микроскоп (Anguelov et al., 1983). Анализирана е геодинамичната устойчивост в обхванатия от свлачищни явления участък (Anguelov et al., 1980). Някои от получените резултати не са публикувани, а също така не е извършено обобщаване на всички архивни и новополучени данни за инженерногеоложките условия на изследвания район.

² Цанков, Х., С. Колев. 1978ф. *Инженерногеоложки и хидрогеоложки условия по защитата на високия бряг в участъка „Козлодуй-Горни Цибър“ – стадий работен*. Геофонд на НИППИЕС „Енергопроект“.

³ Цанков, Х., К. Гогов. 1978ф. *ХТК „Никопол-Турну Мъгуреле“ – водохранилище. Инженерногеоложки и хидрогеоложки условия по високия бряг (обобщителен доклад)*. Геофонд на НИППИЕС „Енергопроект“.

¹ Яранов, Д. 1956ф. *Схема за комплексното използване на р. Дунав. Том II: Геология, хидрогеология и инженерна геология*. Геофонд на Дирекция „Проучване“ при „Енергохидропроект“.

Напоследък в някои статии за свлачищата по Дунавския бряг (Dobrev et al., 2014) се посочват наблюдавани деформации по пътя между Лом и Козлодуй.

В тази статия е представена детайлна инженерногеоложка характеристика на района между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър, като са обобщени и анализирани получените за района данни във връзка с общата устойчивост на високия Дунавски бряг.

Методика на изследването

В района между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър само за стадия на работен проект са прокарани 59 моторни сондажа, с обща дължина 1265 m и 174 ръчни сондажа, с дължина 2305 m. Вzeti за изследване в лабораторни условия са 98 ненарушени и 155 нарушени проби. Една част от пробите (30) са изследвани във ВМГИ и ГИ при БАН (Демирев и др., 1978ф⁴). Минералният състав на глинещата фракция е изследван чрез рентгеноструктурен анализ. Анализирани са сорбционният капацитет на плиоценските глинни от високия бряг между Козлодуй и Горни Цибър, като са определени стойностите му по метиленово синьо и като сума от обменни катиони. С помощта на различни химически анализи са определени съдържанието на карбонати, органично вещество и съставът на водния извлек на плиоценските глинни. Структурно-текстурните особености на глините са изучени със сканиращ електронен микроскоп след предварителна обработка на пробите.

Физичните, както и голяма част от механичните показатели, са определени по утвърдени по това време стандартни методики (БДС 676-75, БДС 2761-75, БДС 644-75, БДС 646-75, БДС 647-75, БДС 648-75, БДС 649-75 и БДС 2762-75). Част от якостните, както и реологичните свойства, са изследвани с едноплоскостен срязващ апарат с контрол на напреженията тип „Маслов“. Кохезията (С) и ъгълът на вътрешно триене (φ) са определени при максимално срязващо напрежение и при остатъчна якост (БДС 10188-72).

Геоложки условия

Литостратиграфия

В изследвания район се разкриват неогенски и кватернерни седименти. Първите са представе-

ни от Брусарската свита (brN_2), която покрива нормално Арчарската свита и се припокрива само от кватернерни наслаги. Представена е от сивозеленикави пясъчливи глинни, в горните части с прослойки от жълтеникави до сиви на цвят, едро- до среднозърнести пясъци, а в долните части – с лещи от лигнитни въглища. Общата им дебелина се изменя от 20 до 50–90 m, а възрастта им е дак-романска (Filipov et al., 1992).

Кватернерните отложения в района са различни по генезис и са с еоплейстоценска, плейстоценска и холоценска възраст. Към еоплейстоценските седименти ($a-prQ_{eop}$) се отнасят покривните чакъли с алувиално-пролувиален произход. Те се установяват по билните части на относителна височина около 90–100 m от съвременните речни нива. Представени са от различни по форма, добре огладени чакъли, изградени от варовик, кварц, флинт, пясъчник и по-рядко от магмени и метаморфни скали. Често са примесени със средно- до грубозърнести, жълтеникави до ръждиви на цвят пясъци или пясъчливи глинни, които са под формата на лещовидни изклинващи прослойки. Дебелината на чакълите южно от Козлодуй варира от 1 до 10 m. Разкриват се под формата на ивици, установени под льосовия комплекс край Дунавския бряг и десния склон на долината на р. Цибрица. Западно от Козлодуй чакълите са отложени с размив върху пясъчливите глинни на Брусарската свита. Покривните чакъли са с ранноплейстоценска възраст. Приемат се за еоплейстоценски, но това не изключва възможността най-долните части да са образувани още през Плиоцена. Еолично-алувиалните образувания ($e-aQ_p^1$) са представени от червеникави пясъчливи глинни, които се разполагат над грубобластичните еоплейстоценски материали и са в основата на льосовия комплекс. Там, където липсват чакъли, червеникавите глинни се разполагат върху неравни и денудирани повърхнини на неогенски седименти. Тези глинни са плътни, а теригенната им компонента е предимно от кварц и е несортирана. Често се срещат флинткови зърна, овъглени растителни останки и манганови налепи и конкреции. Набогатени са на карбонатно вещество под формата на конкреции, повлекла и лещовидни прослойки. Червеникавите глинни не се разкриват на повърхността, но са установени почти навсякъде под льосовия комплекс, като дебелината им се изменя от 5 до 15 m. Приема се, че са със смесен еолично-алувиален произход. Възрастта им се определя на ранноплейстоценска. Еоличните льосови образувания (eQ_p^{2-3}) в този район имат широко разпространение и значителна дебелина. Поради ясно изразената вертикална це-

⁴ Демирев, А. и др. 1978ф. Окончателен отчет по Договор 620: якостно-деформационни свойства на плиоценски глинни от високия бряг на р. Дунав (участък от гр. Козлодуй до с. Горни Цибър) във връзка с ХТК „Никопол-Турну Мъгуреле“. Геофонд на НИС при ВМГИ.

пителност на лъоса се наблюдават множество отвесни стени край дунавския бряг. Характерни неправилни форми с понижен релеф, т. нар. „стъпни блюдца“, се наблюдават в равнината Златия, южно от гр. Козлодуй. От лъосовите разновидности в този район са установени пещъчлив и типичен лъос (Minkov, 1968). Пещъчливият лъос се наблюдава в тясна ивица, широка 2–3 km, покрай р. Дунав. Погребаните почви в лъосовия комплекс са набогатени на хумус и са тъмнокафяви до червеникавокафяви на цвят, като разделят лъосовите хоризонти. Лъосовият комплекс край Козлодуй е с дебелина 40–70 m, като тя нараства на изток. Възрастта на лъоса се приема за средно-късноплейстоценска, най-вероятно Рис–Вюрм. Към алувиалните образувания (aQh) спадат глинни, пясъци и чакъли от заливната и първата незаливна речна тераса. Алувиалният комплекс е представен от два хоризонта: долен, изграден от разнорънестни чакъли и пясъци, и горен – от глинести пясъци, пещъчливи глинни и глинни, на места набогатени с органично вещество. Общата дебелина на тези наслаги достига 15–20 m. Делувиалните образувания (dQh) са представени от пясък, глинни, пещъчливи глинни, лъосови материали с нарушена структура, които в отделни случаи съдържат късове чакъл. Делувиалните отложения по Дунавския бряг участват в свлачищата западно от гр. Козлодуй и в подножието на склона, като достигат дебелина от 8–10 m до 30–45 m.

Тектонски строеж

Изследваният район попада в обхвата на негативната и сложна в своето развитие Ломска структура, разположена в западната част на Мизийската платформа. Различни автори я определят като синклинала, депресия, падина или ръбно понижение. Участъкът между Козлодуй и Горни Цибър е част от източното ѝ крило. Тази структура, след доста интензивни (предимно с отрицателен знак) колебателни движения през Неогена, от 2,5 Ma насам се е стабилизирала. През Кватернера разглежданият район претърпява бавно издигане. В тази площ са установени някои линеаментни зони и кръгови структури на фона на Ломската депресия (Filipov et al., 1992). Проследяват се две линеаментни зони: I – Огостенска (посока 30°) и II – Скътска (150°). От трансрегионалните линеаменти са представени Цибърски и Бойчиновски, а от регионалните – Северохайредински, Мокреш-Ставревски и Мадански. Сравнително добре се очертават и позитивните кръгови структури: Горноцибърска, Златийска и Козлодуйска.

Геоморфоложки условия

Районът между Козлодуй и Горни Цибър попада в Западната (Ломско-Оряховска) подобласт на Дунавската хълмиста равнина (Kopravlev et al., 2002). Релефът е предимно равнинен, като топографската повърхнина е слабо наклонена на североизток. Широките асиметрични долини на реките Цибрица и Огоста разделят подобластта на няколко междудолинни рида с полегати (до 1–2°), дълги и плоски източни склонове, и къси, стръмни западни склонове. В придунавската част се очертават слабо разчленени лъосови плато с абсолютна височина 150–180 m. Основните геоморфоложки структури в района, които имат влияние върху инженерногеоложките условия, са лъосовите плато и речните долини. На фона на тези структури се различават долинни склонове, речни тераси, оврази, долове и др. Лъосовото плато, известно под името Златия, се оконтурва на запад от долината на р. Цибрица, а на изток достига до р. Огоста. От север и запад това плато завършва в стръмния бряг на реките Дунав и Цибрица с ясно очертан откос. Средното височинно положение на лъосовата повърхнина е 150–160 m. В близост до р. Дунав височината се повишава поради наличие на т.нар. лъосови гърбища. Тези форми се простират успоредно на р. Дунав и са в непосредствена близост до горния ръб на брега. Превишението им над платовидната заравненост е 10–20 m. Реките Цибрица и Огоста, напускайки плътните сарматски наслаги и навлизайки в лъосови и плиоценски седименти, развиват долините си при по-различни условия, като се разширяват и имат асиметричен напречен профил, с терасни нива, формиращи предимно от лявата страна на съвременните речни легла.

Хидрогеоложки условия

Подземни води в изследвания район са установени в плиоценските и плиоплейстоценските седименти, както и в алувиалните отложения на р. Дунав (Козлодуйска и Цибърска низина), р. Цибрица и р. Огоста.

Горнотектонските разнорънестни пясъци и горнопонтийските пясъци образуват водообилни напорни водоносни хоризонти. Те се разполагат на голяма дълбочина и не влияят върху устойчивостта и деформациите на бреговия участък на р. Дунав между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър. Пясъците в Дака и Романа, поради фащиална неиздържаност във вертикална и хоризонтална посока, формират водоносен комплекс с включване на по-слабо водоносни пластове. Горноромански-

те пясъци образуват общ водоносен хоризонт с еоплейстоценските наслаги, като водата е ненапорна. Останалите пясъчни пластове, намиращи се под ерозионния базис, са с напорна вода, като нивата от различните пластове не са еднакви, което е доказателство за изолираност на водите в тях. На други места водата от два и повече напорни пласта показва едно и също ниво, което се дължи или на връзка между тях, или на обща зона за създаване на напор. Подхранването става чрез инфилтриране на валежни и повърхностни води в местата, където тези отложения се разкриват на повърхността. Дренирането се осъществява чрез речно-овражната система или подземно – в други водоносни хоризонти.

Еоплейстоценските чакълести наслаги в междуречните масиви се разполагат под льосовия комплекс и се разкриват високо по склоновете на речните долини. На места тези чакъли покриват плиоценски седименти, някои от които са водоносни. В този случай се формира общ плиоплейстоценски водоносен хоризонт, чиито води са безнапорни. Подхранването става изключително от инфилтрирането на валежи, а дренирането се извършва от врязалите се до основата на водоносните пластове долини, като почти цялото количество подземни води излиза на повърхността под формата на низходящи извори с дебит от 0,5 до 5 dm^3/s и на места причинява заблатявания в петите на терасите. Всички долове в платото Златия вземат началото си от подземния поток на Плиоплейстоцена. Долината Шишманов вал дренира средно 25 dm^3/s . Изходища на този водоносен хоризонт са изворите по десния бряг на р. Цибрица от гр. Вълчедръм до с. Горни Цибър.

В алувиалните отложения, изграждащи крайдунавските низини, е формиран един от найголемите по своите запаси и практическо значение водоносен хоризонт. Две от тези низини са естествени граници на изследвания район: на запад Цибърската и на изток – Козлодуйската. Алувиалният комплекс в Цибърската низина е с характерен двупластов строеж: долен чакълесто-песъчлив и горен глинесто-песъчлив пласт. Общата дебелина на алувиалните наслаги е над 20 m, като долният пласт е с дебелина от 2 до 18 m, а горният достига 10 m. Предкватернерната подложка е от плиоценски глини и пясъци. Чакълесто-песъчливият пласт се характеризира с проводимост 140–2600 $\text{m}^2/24 \text{ h}$, а водоотдаването е от 20 до 30%. В алувия са се формирали порови подземни води, с ниво в горния глинесто-песъчлив пласт. Големите различия в свойствата на двата пласта обуславят слабия напор на подземните води, който е най-добре изразен при високи водни стоежи в р. Дунав. Подхран-

ването е от р. Дунав, а също от инфилтриращи се валежи и частично от изливаща се вода от плиоценските пясъци. Дренирането се осъществява от р. Дунав при средни и ниски стоежи на водното ниво. При площ на алувия около 10 km^2 статичните запаси се оценяват на 30.10⁶ m^3 , а динамичните – 140 dm^3/s . Строежът на Козлодуйската низина е също двупластов, като предкватернерната подложка е от плиоценски глини и само в най-източната част на низината се разкриват плиоценски пясъци. Средната дебелина на чакълесто-песъчливия пласт е 5–6 m, а на покриващия го глинесто-песъчлив пласт – 4–8 m. По данни от опитни водочерпения чакълесто-песъчливият пласт се характеризира с водопроводимост 150–2160 $\text{m}^2/24\text{h}$, а горният пласт е с коефициент на филтрация $K_f=0,4\text{--}1,8 \text{ m}/24\text{h}$. Водоотдаването на чакълестия пласт е определено при среден коефициент на филтрация и е 21%. Подхранването и дренирането са като в Цибърската низина. Установено е значително колебание в нивото на подземните води, което е в зависимост от водните стоежи на р. Дунав. Статичните запаси са 38.10⁹ m^3 , а динамичните – 166 dm^3/s . Подземните води в алувиалните отложения на р. Цибрица и р. Огоста попадат извън границите на изследвания район.

Хидрогеоложките условия влияят върху устойчивостта на естествените склонове в изследвания район, като високият Дунавски бряг се разделя на две зони. Първата е между km 704⁰⁰⁰ и km 708⁰⁰⁰ на р. Дунав. Тя се характеризира с наличие на порови води, привързани към алувиалните отложения. Те формират общ водоносен хоризонт, който има пряка хидравлична връзка с речните води. За долен водоупор служат дакските мергелни глини, а за горен – льосовидните глини. По аналогия с условията в гр. Козлодуй може да се приеме, че коефициентът на филтрация е $K_f=60\text{--}80 \text{ m}/24 \text{ h}$. Втората зона е от km 708⁰⁰⁰ до km 714⁵⁰⁰ на р. Дунав. В нея хидрогеоложките условия са значително по-сложни. Подземните води са привързани към пясъчните прослойки в плиоценските отложения в основата на льосовия комплекс, както и в свлачищните тела. Водите в пясъчните прослойки на Плиоцена са напорни, с различна стойност на напора. Имат далечна област на подхранване – в зоните на разкритие на тези пясъци. На ниските коти се дренират директно в р. Дунав, а нагоре по склона – под свлачищните тела. Конкретни данни за K_f няма, но поради значителното съдържание на глинеста фракция в плиоценските пясъци, може да се предположи, че той е сравнително нисък. Водите в основата на льосовия комплекс се формират чрез директно инфилтриране на атмосферни води от льосовото плато и се натрупват

на границата между льоса и намиращите се под него глини. Те имат сезонен характер. Дренират се към р. Дунав в свлачищните материали. На тях обикновено се дължи образуването на мочурища в основата на главния свлачищен отстъп. Водите в свлачищата се формират от дренирането на плиоценски и подльосови води в свлачищните материали и от директното инфилтриране на атмосферни води. Привързани са към пясъчните лежища в свлачищните тела и зоните с по-силно нарушен материал. Може да се приеме, че не образуват единен водоносен хоризонт, а отделни каскадовидно разположени такива, привързани към съответните свлачищни стъпала и преливащи от по-горните в по-долните. Връзката обикновено се осъществява на границата между отделните свлачищни стъпала, където в много случаи се наблюдават замочурявания и малодобитни изходища. Дренират се в плажната ивица като многобройни изходища, причиняващи локални замочурявания. Хидрогеоложката обстановка в участъка с проява на свлачища е сложна. Влиянието на конкретните хидрогеоложки условия е оценено при изчисляване на общата устойчивост на склона (Anguelov et al., 1980), като то се изразява преди всичко в изменения на водното съдържание на жълто-кафявиите глини от свлачищните тела, водещи до неколккратно намаляване на кохезията им.

Инженерногеоложка характеристика на строителните почви

От проучванията в района на Дунавския бряг между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър са установени и изследвани 7 разновидности строителни почви, които най-общо могат да бъдат обединени в две групи: незасегнати и засегнати от свлачищната дейност. Някои от установените разновидности имат близки физични и механични показатели, поради което са обединени в един инженерногеоложки тип (табл. 1). Незасегнати от свлачищата строителни почви са: глини, сиво-сини (brN_2); глини, тъмносиви (brN_2); пясъчлива глина до заглинен пясък (brN_2); глина, пясъчлива, льосовидна ($e-aQ_p^1$) и льосов комплекс (eQ_p^{2-3}). Засегнати от свлачищата са следните строителни почви: пясъчливи глини (dQh) и льосови разновидности (dQh).

Незасегнати от свлачища глини, сиво-сини (brN_2^d). Те се разполагат в основата, в която са развити свлачищните повърхнини, но по-голямата част от тях са незасегнати от свлачища. В минералната асоциация на глинестата им фракция преобладават хидрослюди над монтморилонита, а в някои проби те са в равни количества. Съдър-

жанието на органични вещества е около 1%, а на карбонати е 0,54%. Сорбционният им капацитет по метиленово синьо е 26,57 mgеqu/100 g, а сорбционният капацитет, определен по обменни йони, е 36,48 mgеqu/100 g. Тези глини се характеризират с т.нар. „матрична“ микроструктура, т.е. в основната маса от неориентирани глинести минерали са включени отделни прахови частици (фиг. 1). Разпределението на глинестата и останалите по-едри фракции показва, че глинестите минерали изцяло определят свойствата на тези глини. Между глинестите частици се наблюдават предимно контакти от преходен (точков) и коагулационен тип (Osipov, 1975). Според обемната плътност на скелета $\rho_d=1,81 \text{ g/cm}^3$ (табл. 1), тези глини са с голяма степен на уплътненост. Естественото водно съдържание е сравнително ниско – $w_n=16,4\%$. Въпреки значителното съдържание на органични съединения (1%) и на фракция с размер $<0,005 \text{ mm}$ (42%), пластичните свойства на тези глини не са много ясно изразени (показател на пластичност $I_p=24,5\%$). Това може да се обясни с хидрофобизиращото действие на съдържащите се органични съединения. Според показателя за набъбване ($P=0,32$ – табл. 1) те са със слабо изразена склонност към набъбване. По степен на водонасищане ($S_r=0,83$) се определят като много влажни. Кохезията C и вътрешно триене ϕ са определени при максимално срязващо напрежение и при остатъчна якост. След нарушаване на структурните връзки якостта на срязване на дакските сиво-сини глини намалява значително (табл. 1). Кохезията, определена по остатъчна якост, намалява около 2,5 пъти ($C_{ост.}=0,38 \times 10^5 \text{ Pa}$).

Незасегнати от свлачища глини, тъмносиви (brN_2^d). Тъмносивите глинести прослойки се срещат непосредствено над въглищните чернилки и не са засегнати от свлачищни повърхнини. По минерален състав на глинестата компонента те са монтморилонитови, с незначително участие на каолинит и хидрослюди. В тези прослойки се наблюдава силно набогатяване на органични вещества, като средното съдържание е 2,7%, а в проби от по-голяма дълбочина достига до 6,2%. Карбонатното им съдържание е 0,78%. Сорбционният капацитет по метиленово синьо е 30,03 mgеqu/100 g, а по обменни йони – 45,26 mgеqu/100 g. Тези глини са с по-ниски показатели за якостта на срязване в сравнение със сиво-сините дакски глини (табл. 1).

Незасегнатите от свлачища плиоценски пясъчливи глини до глинести пясъци (brN_2^d). имат ограничено разпространение и се срещат като прослойки и лежища сред плиоценските глини. В зърнометричния им състав преобладава праховата фракция – средно 67% (табл. 1), а по показате-

Таблица 1

Физични и механични показатели на строителни почви от района на Козлодуй-Горни Цибър

Table 1

Classification and mechanical parameters of soil varieties distributed in the Kozloduy-Gorni Tsibar area

Показател	Почвена разновидност						
	незасегнати от свлачища					засегнати от свлачища	
	глина, сиво-синя (brN ₂ ^d)	глина, тъмносива (brN ₂ ^d)	песъчлива глина до глинест пясък (brN ₂ ^d)	лъсо- видна глина (e-aQ _p ¹)	лъсов комплекс (eQ _p ²⁻³)	глинести отложения (dQh)	лъсо- видни отложения (dQh)
Естествено водно съдържание W _n , %	16,4	26,4	16,5	17,9	13,8	19,0	20,3
Специфична плътност ρ _{sp} , g/cm ³	2,73	2,62	2,73	2,75	2,75	2,75	2,74
Обемна плътност ρ _n , g/cm ³	2,10	2,00	2,08	1,98	1,85	2,06	2,02
Обемна плътност на скелета ρ _d , g/cm ³	1,81	1,60	1,78	1,69	1,63	1,74	1,68
Граница на протичане W _L , %	40,5	50,3	29,5	29,0	26,8	41,1	32,8
Граница на източване W _p , %	16,0	25,3	19,0	16,7	19,2	19,5	19,7
Показател на пластичност I _p , %	24,5	25,0	10,5	12,3	7,6	21,6	13,1
Показател на консистенция I _c	0,98	0,96	1,24	0,90	1,71	1,02	0,95
Показател на набъбване Π	0,32	0,30	0,17	0,10	0,04	0,34	0,17
Зърнометричен състав, %							
>2 mm;	0	0	5	1	0	1	1
2-0,1 mm;	6	11	12	15	13	21	14
0,1-0,005 mm;	52	64	67	66	74	44	65
<0,005 mm;	42	25	16	18	13	34	20
Степен на водонасищане S _r	0,83	0,85	0,83	0,77	0,52	0,90	0,86
Ъгъл на вътрешно триене φ _{max} , °	21°	18°30'	—	23°	21°30'	22°	24°30'
Кохезия c _{max} , x10 ⁵ Pa	1,03	0,72	—	0,2	0,25	0,7	0,2
Ъгъл на вътрешно триене φ _{ост} , °	17°30'	17°	—	22°	23°	18°	20°30'
Кохезия c _{ост} , x10 ⁵ Pa	0,38	0,36	—	0,2	0,15	0,2	0,15

Забележка: посочените стойности са средноаритметични от изследваните почвени проби.

тел на пластичност (I_p=10,5%) се класифицират като песъчливи глинни. Средното съдържание на фракцията <0,005 mm е сравнително високо – 16%. По степен на водонасищане (S_r=0,83) са много влажни. По плътностни показатели, плиоценските глинести пясъци се определят като уплътнени (ρ_n=2,08 g/cm³; ρ_d=1,78 g/cm³). Поради ограниченото им разпространение и близките физични показатели, те могат да бъдат обединени със сиво-сините глинни при оценяване на общата устойчивост на бреговия склон.

Незасегнатата от свлачища лъсовидна глина (e-aQ_p¹) се установява непосредствено като елувиална зона на плиоценските отложения и като прослойки (погребани почви) в лъсовия комплекс. По зърнометричен състав и показател на пластичност I_p се определя като прахова глина и прахова песъчлива глина (табл. 1). Характеризира се със сравнително високи плътностни показатели (ρ_n=1,98 g/cm³; ρ_s=2,75 g/cm³ и ρ_d=1,69 g/cm³). По степен на водонасищане се отнася към влажните строителни почви (S_r=0,77).

Фиг. 1. Електронно-микроскопска снимка на дакска сиво-синя глина (увеличение: $\times 1000$)

A – глинести минерали; B – прахови частици

Fig. 1. SEM image of Dacian grey-bluish clay (magnification: $\times 1000$):

A, clay minerals; B, silt particles

Якостните параметри при едноплоскостно срязване са определяни след предварително водонасищане на образците. Якостните показатели ϕ и C са определени и по остатъчна якост (табл. 1), като последните са използвани при определяне на общата устойчивост на склона по методите на Шахунянц и Маслов-Берер (Anguelov et al., 1980).

Незасегнат от свлачища лъсов комплекс (eQ_p^{2-3}). В разглеждания участък от брега са установени типичен лъос и лъсовиден пясък според класификацията на Минков (Minkov, 1968). Почти всички изследвани лъсови проби имат значителна обемна плътност ($\rho_n = 1,85 \text{ g/cm}^3$). Другите плътностни показатели също са високи – $\rho_s = 2,75 \text{ g/cm}^3$ и $\rho_d = 1,63 \text{ g/cm}^3$ (табл. 1). Вероятно под влияние на сезонните преовлажнявания и геоложкия товар лъсовите почви са се уплътнили и в голяма степен са изгубили едно от характерните си свойства – пропадането. Според косвения показател коефициент на уплътнение по Денисов ($K = e_L/e_n = 0,74/0,68 > 1$) лъосът в изследвания район се класифицира като непропадъчен (Minkov, 1968). При средно естествено водно съдържание $w_n = 13,8\%$ лъсовите разновидности са в твърда консистенция, но при максимално водонасищане са склонни да променят консистенцията си до течно-пластична. Това крие опасност от протичане на тези материали в някои зони. По степен на водонасищане ($S_r = 0,52$ – табл. 1) се определят като малко влажни до влажни. Това се обяснява с факта, че те се намират високо над водното ниво, а също и с водо-

пропускливостта на лъоса. Определените якостни показатели във водонаситено състояние показват, че ъгълът на вътрешно триене е $\phi_{\text{ост}} = 23^\circ$, а кохезията е сравнително ниска – $C_{\text{ост}} = 0,15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (табл. 1).

Засегнати от свлачища глинести отложения (dQh). Към тях спадат глини, които са засегнати изцяло от свлачищните процеси и обикновено изграждат ядрото на отделните свлачищни блокове. Тези глини са с жълто-кафяв цвят. Във взетите от тези глини монолити се наблюдават множество повърхнини на хлъзгане, което е индикация, че те са претърпели значителни структурно-текстурни изменения и съответни промени във физичните и механичните им свойства. В минералния състав на глинестата фракция преобладават минералите от групата на монтморилонита (особено в образците от повърхнините на хлъзгане) и хидрослюдите. Количеството органично вещество е незначително – $0,48\%$, а карбонатното съдържание е $0,65\%$. Сорбционният капацитет, определен по метиленово синьо, е $32,94 \text{ mgequ/100 g}$, а този по обменни йони – $45,77 \text{ mgequ/100 g}$. В образци от свлачищните блокове със запазена естествена структура се наблюдава също „матрична“ микроструктура. Средната стойност на обемната плътност ($\rho_n = 2,06 \text{ g/cm}^3$) е малко по-ниска от тази на даските сиво-сини глини (табл. 1), което може да се обясни с тяхното разуплътняване в процеса на придвижване. По степен на водонасищане са много влажни ($S_r = 0,90$). Установено е увеличаване на глинестото съдържание с около $8\text{--}9\%$. Глините от нарушената зона са с по-голяма склонност към набъбване, т.к. показателят за набъбване е по-голям от този на сиво-сините дакски глини (табл. 1). Якостните свойства показват, че глините от свлачищните тела имат сравнително малка кохезия, определена по остатъчна якост на срязване – $C_{\text{ост}} = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ и ъгъл на вътрешно триене – $\phi_{\text{ост}} = 18^\circ$. Някои проби са показали по-високи якостни показатели, но те са малко на брой и не оказват влияние върху общата устойчивост. При ядковото сондиране в тези глини са установени добре оформени „огледални“ повърхнини, често по няколко на брой една под друга. Това е индикация, че свличането се е оформило не само по една обща хлъзгателна зона в даските сиво-сини глини, но е имало периодични активизации на свлачищния процес във времето.

Засегнати от свлачища лъсовидни отложения (dQh). В свлачищните тела, особено в близост до главния откос, се разкриват лъсовидни материали, които са значително преуплътнени и се характеризират с високи физични и механични показатели (табл. 1). Средните стой-

ности на обемната плътност ($\rho_n=2,02 \text{ g/cm}^3$) и на естественото водно съдържание ($w_n=20,3\%$) значително надвишават тези на незасегнатия лъос от високия бряг. Степента на водонасищане ($S_r=0,86$) определя лъоса от свлачищата като много влажен. Според голямото съдържание на прахова фракция (65%) и показателя на пластичност ($I_p=19\%$) тази почвена разновидност се класифицира като прахова глина. Якостните показатели, определени по остатъчна якост са: $C_{ост}=0,15.10^5 \text{ Pa}$ и $\phi_{ост}=20^\circ 30'$ (табл. 1). Те показват, че независимо от преуплътняването, кохезията има стойност почти като тази в незасегнатия лъос, а по-ниската стойност на ъгъла на вътрешно триене вероятно се дължи на по-голямото количество на глинестата фракция.

Инженерногеоложко райониране на Дунавския бряг между Козлодуй и Горни Цибър

Главни и определящи фактори при извършеното райониране са гравитационните процеси и развитието на страничната ерозия на р. Дунав. Най-значително по мащаб и значение физико-геоложко явление в изследвания район са свлачищата, наблюдавани от $\text{km } 708^{000}$ до $\text{km } 717^{600}$ на р. Дунав до с. Горни Цибър, в ивица с ширина около 1 km (фиг. 2). Свлачищата са развити в

плиоценски глини и лъосови почви и се отнасят към т.нар. сложен тип свлачища според класификацията на Varnes (1978). Една от главните причини за проявата на тази свлачишна дейност е наличието на плиоценски глини над ерозионния базис на р. Дунав. Проявата на свлачища вероятно е започнала след Вюрма. В свлачишните явления е имало периоди на активизиране на процеса и последващи стадии на стабилизиране. Понастоящем в по-голямата си част тези свлачища са стабилизирани, но се наблюдава активизиране в отделни зони при действието на определени фактори:

- Издигнатата над нивото на ерозионния базис подложка от плиоценски глинесто-песъчливи отложения, покрити с дебел лъосов комплекс, представляващ значителен статичен товар;
- Наличието на подземни води в плиоценските пясъци и плиоплейстоценските седименти, което води до намаляване на якостните свойства на плиоценските глини;
- Ерозионното действие на речните води и особено на р. Дунав, при което са се оформили високи и стръмни десни брегове на речните долини, в състояние близко до критичното равновесие;
- Динамично въздействие от висок порядък – най-вероятно земен трус или серия от земни трусове, които са довели до нарушаване на критичното равновесие и проявата на свлачища.

Фиг. 2. Местоположение (<https://www.google.com/maps>) и инженерногеоложко райониране на Дунавския бряг между Козлодуй и Горни Цибър

Участък I – без свлачищни явления; участък II – с проява на свлачища

Fig. 2. Location (<https://www.google.com/maps>) and engineering geological zoning of the investigated area between Kozloduy and Gorni Tsibar

Ist zone, without landslide phenomena; IInd zone, with landslides

Повърхностни активизирания на свлачищата се наблюдават при пролетните високи водни стоежи, както и от ерозионната дейност на реките. Тези свличания обаче, са с незначителни размери и обхват, като понякога се проявяват като кални потоци.

Установени са сезонни и постоянни заблатявания между отделните стъпала в участъка със свлачища. Когато са вследствие на повърхностни води, през лятото намаляват размерите си и дори изчезват. В случай, че са причинени от подземни води, заблатяванията са целогодишни и със сравнително постоянни размери. В по-ниската част се образуват временни заблатявания, които са в резултат на различното водно ниво в р. Дунав и изчезват при спадане на нивото.

Ерозионното действие на р. Дунав и притоците ѝ се изразява в размиване и разрушаване на брега (фиг. 3, 4). В началото на разглеждания участък се намират островите Цибрица и Кич, а по-надолу – остров Козлодуй. Изравнянето на островите Цибрица и Кич е много интензивно. Най-големи размери ерозията има по изградените от лъос десни брегове на реките. Вертикалната цепителност на лъоса оформя гладки отвесни стени, в основата на които се натрупва нарушен лъосов материал, податлив на непрекъснато размиване от речните води. Ерозионната дейност е най-слаба в зоните, където брегът е изграден от плиоценски глинени. Сравнителната характеристика на топографски снимки на бреговата зона, направени през 1912, 1934, 1943 и 1968 г., показва, че в някои съседни участъци (между km 717⁵⁰⁰ и km 718⁵⁰⁰ на р. Дунав) ерозионната дейност е засегнала ивици с ширина до 60 m (Angelov et al., 1980).

В изследвания район от брега може да се отделят два участъка, в зависимост от различната проява на физико-геоложки явления. Първият обхваща брега между пристанище „Козлодуй“ при km 704⁰⁰⁰ на р. Дунав и помпена станция „Шишманов вал“ (фиг. 2). В него плиоценската подложка е представена главно от глинени и е еродирана до коти 12–16 m, значително на юг от съвременното русло на р. Дунав. Над нея се разполагат старотерасни едри и средни чакъли, достигащи до коти 17–29 m, което приблизително е около или малко над съвременното ниво на р. Дунав. Над тези коти е лъосовият комплекс, чиято дебелина достига до 60–70 m (фиг. 5). Сравнително дълбокото залягане на плиоценската глинеста подложка под нивото на р. Дунав е предпоставка в този участък да не се развиват свлачищни процеси. В бреговия склон, изграден от лъос, са се оформили почти отвесни откоси, високи около 40–50 m (фиг. 6). В този участък речните води, особено при висок воден стоеж,

Фиг. 3. Ерозионно действие на р. Дунав в участък I

Fig. 3. Danube river erosion at Ist zone

Фиг. 4. Засегната коренова система на дървета от водите на р. Дунав

Fig. 4. Danube river erosion affected forest root system

са в пряк контакт с лъосовите и чакълесто-песъчливите наслаги, които лесно се ерозират. При висок стоеж, водата размива и подкопава основата на склона. На места настъпва отцепване по вертикални пукнатини и обрушване на големи обеми лъос. Такива обрушвания се установяват между помпена станция „Шишманов вал“ и km 708⁰⁰⁰ на р. Дунав. Тези нарушения са характерни за високите, почти отвесни лъосови склонове и без действие на речните води, но в този участък реката има голяма роля за ускоряване и разрастване на обхвата на обрушването. При нисък стоеж на р. Дунав на ерозионно въздействие е подложена предимно плажната ивица, която се оформя до някакъв устойчив откос, в съответствие със зърнометрията на почвите и скоростта на водата (фиг. 3).

Фиг. 5. Напречен геоложки профил на високия Дунавски бряг в участък I (без свлачищни явления) от района между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър

1 – глини от Брусарската свита (brN_2); 2 – чакъли с пясъчлив запълнител ($a-prQ_{cor}$); 3 – пясъчливи глини ($e-aQ_p^1$); 4 – лъсов комплекс (eQ_p^{2-3}); 5 – размивна повърхност

Fig. 5. Geological cross-section of Danube river right bank between the town of Kozloduy and the village of Gorni Tsibar at Ist zone (without landslide phenomena)

1, clays of Brusarci Formation (brN_2); 2, pebble sandy gravels ($a-prQ_{cor}$); 3, eolian-alluvial reddish sandy clays ($e-aQ_p^1$); 4, loess complex (eQ_p^{2-3}); 5, erosion surface

Фиг. 6. Отвесен лъсов откос в участък I

Fig. 6. Steep loess slope at Ist zone

Вторият участък заема брега, разположен на запад от km 708⁰⁰⁰ на р. Дунав. В геоложкия му строеж участват същите литоложки разновидности (плиоценски глини и кватернерен лъсов комплекс), но в близост до р. Дунав те се намират на коти приблизително около съвременното водно ниво (20–22 m), което е предпоставка за формиране на хлъзгателни повърхнини, преминаващи през даските глини (фиг. 7). Свла-

чищата, разпространени в този участък, могат да се поделят според времето на тяхното възникване на:

- Първични делапсивни нарушения, към които спадат т.нар. стари и древни свлачища;
- Вторични делапсивни нарушения, към които се отнасят съвременните свлачища, намиращи се в затихнал или активен стадий от развитието си.

В строежа на старите свлачищни тела участват плиоценски глини и пясъци, и кватернерни лъсови материали, които в процеса на свличане са заели на някои ниски места почти вертикално положение (фиг. 8). В обсега на старите свлачища се разграничават две зони. Едната е между km 708⁰⁰⁰ и km 710⁵⁰⁰ на р. Дунав. На юг тя е потясна, с ширина до 400 m, и с относително постръмен наклон – 11–13°. Наблюдават се ясни свлачищни циркуси, като в най-източната част са запазени негативни междустъпални форми и повърхнини на откъсване. Има и няколко изходища на подземни води с незначителен дебит. Втората зона се намира западно от km 710⁵⁰⁰ и се характеризира със заоблени релефни форми и значително по-голяма ширина – 750–800 m (фиг. 2, 9). Свлачищните циркуси и стъпала в тази зона не са отчетливо очертани. Долната част на склона е полеглата – 6–7°, а горната е по-стръмна, с наклон до 13°. На границата между отделните свлачищни стъпала се наблюдават изходища на подземни води с малък дебит. Установени са и малки сезонни и постоянни замочурявания, разположени приблизително по линии, перпендикулярни на склона. Вторичните делапсивни явления в този участък представляват ограничени по размер блоково-консистентни и консистентни свлачища.

Фиг. 7. Напречен геоложки профил на високия Дунавски бряг в участък II (с проява на свлачища) от района между гр. Козлодуй и с. Горни Цибър

1 – глини от Брусарската свита (brN_2); 2 – лъсов комплекс (eQ_p^{2-3}); 3 – свлечен материал (dQh); 4 – алувиални глини, пясъци и чакъли от заливната и първата незаливна речни тераси (aQh); 5 – повърхнина на релефа до активизиране на горната част на свлачището; 6 – свлачищна повърхнина; 7 – установено ниво на подземни води

Fig. 7. Geological cross-section of Danube river right bank between the town of Kozloduy and the village of Gorni Tsibar at IInd zone (with landslide phenomena)

1, clays of Brusartsi Formation (brN_2); 2, loess complex (eQ_p^{2-3}); 3, displaced material (dQh); 4, alluvial clays, sands and gravels from the lowest Danube river terraces (aQh); 5, pre-sliding topographic line; 6, surface of rupture; 7, groundwater table

Фиг. 8. Положение на плиоценските глини в свлачищната зона от последното свлачищно стъпало

Fig. 8. Pliocene clay position in the lowest landslide foot at IInd zone with landslide phenomena

Първите са разпространени в по-високата част на склона, не се влияят от дейността на р. Дунав, но са пряко свързани с наличието на подземни води в пясъчните прослойки и лещи и в нарушените зони. Под влияние на тези води глинестите и лъсовите материали от свлачищното тяло преминават в течнопластична до течна консистенция и при подходящ наклон на склона започва протичане на земни маси. Този процес води до нарушения в масива, разположен над зоната на изтичане, изразяващи се в напукване на отделни блокове. Бло-

Фиг. 9. Релеф на най-ниските свлачищни стъпала

Fig. 9. Relief of the lowest landslide feet

ковете се свличат надолу по склона, като често се преобръщат и напълно се разрушават. Този тип свличания се установяват източно от km 714⁰⁰⁰ на р. Дунав, във високата част на склона, близо до главния свлачищен отстъп. Морфоложки те се отличават със стъпаловидно-блоков тип разломяване и отворени пукнатини в горната си част, а по-надолу блоковете са силно нарушени и в най-ниската част материалите са в течна консистенция. В най-западната част се установяват малки по обхват (ширина 20–25 m и дълбочина 1–2 m) consistent свличания. Те се проявяват в зони с концентрирано водонасищане от валежи на нарушен материал от предишни свличания.

Оценката на устойчивостта е извършена по метода на Шахунянц (Anguelov et al., 1980), кой-

то се прилага при установена сложна форма на свлачищната повърхнина и дава възможност да се оцени не само общата устойчивост по целия профил, но и на отделни участъци в него. Изчисляването на устойчивостта показва, че най-горните части на свлачищата се характеризират с коефициент на устойчивост около 1 (1,00–1,07), което ги определя като неустойчиви или намиращи се в гранично равновесно състояние. Това се потвърждава и от наблюдаваните през 2013 г. деформации по пътя Лом-Козлодуй (Dobrev et al., 2014).

Заклучение

В геоложкия строеж на Дунавския бряг в района Козлодуй-Горни Цибър участват седиментите на Плиоцена и Кватернера. Неогенските седименти са представени от Брусарската свита (brN_2), а кватернерните отложения са различни по генезис и са с еоплейстоценска, плейстоценска и холоценска възраст.

По отношение на хидрогеоложките условия, високият Дунавски бряг се разделя на две зони, като първата се характеризира с наличие на порови води, привързани към алувиалните отложения. Във втората зона подземните води са в пясъчни прослойки в плиоценските отложения в основата на льосовия комплекс, както и в свлачищните тела. Водите в пясъчните прослойки на Плиоцена са напорни. Водите в свлачищата не образуват единен водоносен хоризонт, а отделни каскадовидно разположени такива, привързани към съответните свлачищни стъпала и преливащи от по-горните в по-долните. Влиянието на конкретните хидрогеоложки условия, оценено при изчисляване на общата устойчивост на склона, се изразява преди всичко в изменение на водното съдържание на жълто-кафявите пясъкливи глинени отложения, вследствие на което неколкостранно намалява кохезията им.

От проучванията в района са установени и изследвани 7 инженерногеоложки типа строителни почви, които са обединени в две групи: 1) незасегнати – глинени, сиво-сини (brN_2); глинени, тъмносиви (brN_2); пясъчлива глина до заглинени пясък (brN_2); глина, пясъчлива, льосовидна ($e-aQ_p^{(1)}$) и льосов комплекс ($eQ_p^{(2-3)}$); 2) засегнати от свлачищна дейност – глинени отложения (dQh) и льосови разновидности (dQh). Обобщени са резултатите за инженерногеоложките свойства на основните строителни почви (глини от Брусарската свита и льосов комплекс). Някои от установените разновидности имат близки физични и механични показатели, поради което са обединени в един инженерногеоложки тип.

Най-значително по мащаб и значение физико-геоложко явление в изследвания район са свлачищата, наблюдавани на запад от km 708⁰⁰⁰ на р. Дунав до с. Горни Цибър, в ивица с ширина до 1 km. Те са развити в плиоценски глинени и льосови почви и се отнасят към т.нар. сложен тип свлачища. Една от главните причини за проявата им е наличието на плиоценски глинени над ерозионния базис на р. Дунав. Проявата на свлачища вероятно е станала след Вюрма. В свлачищния процес е имало периоди на активизиране и последващи стадии на стабилизиране. Понастоящем, в по-голямата си част тези свлачища са в общо устойчиво състояние, но се наблюдава проява на активизиране в отделни зони при действието на определени фактори. Изчисленията за общата устойчивост показват, че в участъка със стари свлачища може да се очаква възникване на локални свлачания в близост до ръба на свлачищния откос. Според проявата на свлачища е извършено инженерногеоложко райониране, като са отделени два участъка. С по-сложни инженерногеоложки условия се характеризира участък II със свлачищни явления, в който са установени както стари свлачища, така и съвременен активизиране на свлачищните деформации в някои зони.

Литература References

- Angelov, K., Y. Kostova, R. Angelova. 1980. On the forecasts for the stabilization of easily erodible reservoir coasts. – *Hydrotechnics and Amelioration*, 6, 7–11 (in Bulgarian with Russian, German and English abstracts).
- Angelov, K., K. Gogov, H. Tsankov, R. Angelova. 1980. The use of maximum shear strength for the determination of the Danube high bank stability by the methods of Shakhunyan and Maslov-Berron. – In: *Proc. 6th Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Section 3: *Stability of Natural and Artificial Slopes*. Varna, Bulgaria, September 1980, 63–72 (in Russian with English abstract).
- Angelov, K., R. Angelova, A. Lakov. 1983. Structural changes in shear zones and slide planes of clays with different types of structural bonds. – *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, 28, 273–278.
- Dobrev, N., B. Berov, P. Ivanov, M. Krastanov, A. Benderev, B. Mihalkova. 2014. Overview on landslide distribution

- along Bulgarian Danube River bank between Vidin and Nikopol. – *Problems of Geography*, 1–2, 64–75.
- Filipov, L., E. Kojumdjieva, N. Popov. 1992. *Explanatory Note to the Geological Map of Bulgaria 1:100 000. Sheet Kozlodui*. Sofia, Committee of Geology and Mineral Resources, Enterprise of Geophysical Survey and Geological Mapping, 34 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Koprarev, I., M. Yordanova, Ch. Mladenov (Eds). 2002. *Geography of Bulgaria*. Institute of Geography, Bulgarian Academy of Sciences, PhorKom Publ. House, 760 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Minkov, M. 1968. *The Loess in North Bulgaria. A Complex Study*. Sofia, Publ. House of the Bulgarian Academy of Sciences, 202 p. (in Bulgarian).
- Nenkov, N., K. Gogov. 1965. Landslide phenomena along the Danube River high bank, to the West of Iskar River. – In: *Proc. 7th Congress of CBGA, Part V*. Sofia, September 1965, 97–102 (in Russian).
- Osipov, V. 1975. Structural bonds and the properties of clays. – *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, 12, 1, 13–20.
- Varnes, D. J. 1978. Slope movement types and processes. – In: Schuster, R. L., R. J. Krizek (Eds). *Landslides: Analysis and Control*. Transportation Research Board Special Report, vol. 176. Washington, D.C., 11–33.

Постъпила на 07.05.2020 г., приета за печат на 20.07.2020 г.

Отговорен редактор Пламен Иванов