Катастрофалното свличане на черноморския бряг, разрушило римския град Бизоне (южно от Каварна)

Димчо Евстатиев¹, Йордан Евлогиев², Мариана Неделчева²

¹ Геологически институт, БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 24, София 1113

² Изследователска база по геотехника, Геологически институт, БАН, бул. „Цар Освободител“ 109Б, Русе 7000

The catastrophic landslide on the Black Sea coast which destroyed the Roman town of Bisone (south of Kavarna town)

Dimcho Evstatiev¹, Yordan Evlogiev², Mariana Nedelcheva²

¹ Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev str., bl. 24, 1113 Sofia, Bulgaria;

E-mail: dimcho_e@geology.bas.bg

² Geotechnical Research Station of the Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 109b, Tsar Osvoboditel Blvd., 7000 Rousse, Bulgaria; E-mail: ibgban@abv.bg

Резюме. През втората половина на I в. пр. н.е. сеизмогенно свлачище-срутище е разкъсало предната част на нос Чиракман в Каварненския залив. В морето са свлечени богатите квартали на римския град Бизоне. По данни от подводната археология артефакти и зидове от града се установяват до 80 m навътре в морето. В статията се разглеждат тектонските условия, геолого-геоморфоложкия строеж на свлачището, палеогеографията на прибрежния шелф през Холоцена, хидрогеоложките и инженерно-геоложките условия на района. Направена е възстановка за местоположението на бреговата линия и на нивото на морето по време на катастрофалното свличане. Извършени са и анализи на устойчивост.

Ключови думи: Каварна, Бизоне, свлачища, произход и развитие, геоморфология, морски тераси, прибрежен шелф през Холоцена, геоложки строеж, анализи на устойчивост.

Abstract. In the second half of the 1st century BC seismogenic landslide/rockfall tore off the front part of the Chirakman Cape in the western part of the Kavarna Bay. The rich quarters of the Roman city of Bisone slid down into the sea. According to data from underwater archaeology artifacts and walls of the settlement are found up to 80 m inside the sea. The paper considers the tectonic conditions, the geological-geomorphological structure of the landslide, the paleogeography of the coastal shelf during the Holocene and the hydrogeological and engineering geological conditions in the area. A reconstruction of the coastline and sea-level position during the catastrophic landslide has been developed. Stability analyses have been performed too.

Keywords: Kavarna, Bisone, landslides, origin and development, geomorphology, marine terraces, coastal shelf during the Holocene, geological structure, stability analyses.

Въведение

В периода I век пр. Хр.–I век сл. Хр. в Римската империя са станали редица природни катастрофи. Свлачище, предизвикано от земетресение, разрушава част от гр. Бизоне на черноморския бряг близо до съвременния гр. Каварна (втората половина от I век пр. Хр.). Вероятно, при подобни обстоятелства е потънал в морето и

гр. Диоскурия (първата половина на I век), който се намирал на източното Черноморско крайбрежие. В гр. Рим, вследствие на пропадане на слаба почва, е разрушен голям стадион по време на състезания. От вулкана Везувий (46 г.) е погребан гр. Помпей.

При разрушаването на стадиона в Рим са загинали или били тежко ранени 50 000 души. Според римския историк Корнелий Тацит жерт-

вите били повече от всяка война, водена от Рим дотогава. По тази причина Римският сенат през 23 г. от н. е. (по времето на император Тиберий) е приел постановление, което изисквало преди големи строителни начинания да се извършват проучвания, които в наше време се наричат инженерно-геоложки¹ (Tacitus, 1969).

Град Бизоне е бил важно търговско средище и част от поредицата крепости в СИ част на Балканския полуостров, с които Римската империя се е противопоставяла на варварските нашествия. По тази причина неговото разрушаване от сеизмогенно свлачище-срутище, е предизвикало голям интерес в древността, който продължава и в наши дни. В миналото датата на това събитие попада в голям времеви интервал. В настоящата публикация ние се придържаме към резултатите от последните археологически изследвания, според които основното събитие е станало през втората половина на I век пр. Хр.

Разрушаването на Бизоне, предизвикано от сеизмогенно свлачище, първи са отбелязали големите изследователи по това време Страбон (63 г. пр. Хр.–23 г. сл. Хр.) и Помпоний Мела (15–60 г. сл. Хр.). През XX век това събитие е разглеждано от редица автори (археолози и геолози), като последният по-значителен труд с природоизпитателен характер е на Christoskov et al. (1995).

Настоящата публикация има за цел да допълни досегашните изследвания с най-новите данни, имащи отношение към проблема. В нея най-напред се разглеждат историческите сведения за възникването и развитието на града. След това се анализират резултатите от археологическите проучвания по брега и в морето, от които са почерпени важни сведения за станалото събитие. По нататък са описани предпоставките и факторите, предизвикали катастрофата: геоморфоложки, литоложки, стратиграфски, тектонски, сеизмични, колебания на водното ниво, повърхностна ерозия и морска абразия. За да се изясни по-добре тяхното значение, те са разгледани за един по-широк район около Бизоне. Накрая е направен опит да се възпроизведе свличането чрез съставяне на геоложки модел.

Исторически и археоложки данни

Първите заселници на нос Чиракман, където е бил разположен град Бизоне, са траките, които основават малко селище през VII–VI век пр. Хр.

По-късно, към Бизоне се присъединяват римските колонии Истрия, Томи, Калитис и нос Калиакра.

През V в. пр. Хр. гръцки заселници от Месембрия създават на платото до нос Чиракман най-северната колония по черноморския бряг, която е със смесено население и носи тракийското име Бизоне. В началото на новата ера (15 г.) тези земи стават част от римската провинция Малка Скития. По това време градът играе важна роля в търговията на висококачествено зърно между местните селища и търговците от Средиземноморието. Черноморският бряг в района е висок, скалист, нарушен от свлачища. Единствено Каварненският залив предлага добри условия за пристан на търговски кораби. Внасяни са вино, зехтин, накити, керамични съдове и др. Траките, освен зърно, предлагали восък, мед и други подобни стоки. По многобройните амфори, намерени на дъното на морето, личат печати и текстове на търговците. Те свидетелстват за оживените търговски връзки на Бизоне със Синопе, Хераклея, Тасос, Херсонес и други градове по Черноморския бряг и близкото Средиземноморие.

През втората половина на I в. пр. Хр. катастрофално земетресение откъсва челната част на нос Чиракман заедно с най-богатите квартали на Бизоне. Както посочихме по-горе, това трагично събитие е отбелязано от античните географи Страбон (гръко-римски) и Помпоний Мела (римски). Те са цитирани от всички археолози, които са правили проучвания тук през XX век. Според някои автори съществуват сведения за разрушителни земетресения, засегнали града през II и III век (Christoskov et al., 1995; Salkin, 2009; Rangelov et al., 2020).

Римляните осъзнават удобното стратегическо местоположение на разрушения Бизоне и го застрояват отново в характерния за тях стил със здрави и масивни постройки и крепостни стени. През I–IV в. те построяват храмове, водопровод и сгради. Селището се възражда, а пристанището се оживява.

През ранновизантийския период (след IV в.) са изградени крепостни стени за защита от нашествията от север (фиг. 1). През VI в. Бизоне е превзет и крепостните стени са разрушени. В тези земи се заселват българи и славяни (681 г.). Селището е преименувано в Карвуна, което става център на област Добруджа. От периода на Първото българско царство се разкриват останки от крепостни стени, църкви, монументални сгради и жилища. След завладяването на България от Византия Карвуна е в упадък.

За историческото развитие на Бизоне свидетелства богатата информация от подводните

¹ Това означава, че през 2023 г. се навършват 2000 години от официалното утвърждаване на инженерната геология, което би трябвало да се отбележи по подходящ начин.

Фиг. 1. Плато Чиракмана – укрепителна система на гр. Бизоне/Карвуна (Torbatov, 2002)

1 – дълбок ров и насип от времето на Първото българско царство; 2 – втора защитна линия от каменна стена; 3 – трети укрепителен пояс от времето на ранновизантийската епоха; 4 – Ранновизантийско разширение на крепостта.

Fig. 1. The Chirakman plateau – the fortification system of the town of Bisone/Karvuna (Torbatov, 2002)

1, deep ditch and embankment from the time of the First Bulgarian Kingdom; 2, second protective line of a stone wall; 3, third fortification belt from the time of the Early Byzantine epoch; 4, Early Byzantine extension of the fortress.

проучвания в Каварненския залив и пред нос Чиракман. Резултатите, на които се позоваваме в по-нататъшното изложение, са представени от археолога Асен Салкин (Salkin, 2009). Първите подводни проучвания са проведени през 1961 г. и имат за цел да посочат местата на античните и средновековните пристанища и да очертаят потъналата част от Бизоне. Установени са два пристана, един югоизточно от нос Чиракман и друг, при морската база. В потъналата част от Бизоне е намерен тухлен зид с хоросан (фиг. 2). През 1969–1971 г. е открит ранновизантийски вълнолом в източната част на залива на 140 m от брега и на 3,5–7 m дълбочина. В ската при Морската база, при прокопаване на път през 1971 г., са разкрити 26 пещери, предназначени за складове за зърно. Те са предимно от Ранновизантийската епоха (V–VI в.). В брега при Чиракмана са открити още 10 пещери.

Пред нос Чиракман, до около 80 m от брега, на 7–8 m дълбочина е намерено голямо количество керамика, което, според Салкин, опровергава твърдението за скъсване на 300 m от нос Чиракман при земетресението от I в. пр. Хр.

В ниската част на Чиракмана авторът описва разцепен от свличането кладенец, който достига до морското ниво. В него са намерени човешки кости и един скелет без череп. Според антрополози скелетите са посечени. От кладенеца е извадена и елинистична керамика. През 72 г. пр. Хр. е проведена наказателна експедиция срещу

черноморските градове, ръководена от римския военачалник Марк Лукул. Бизоне е превзет, опожарен, населението е избито. Навярно част от трупове са хвърлени в кладенците.

През 2000 г. силно течение понижава морското ниво и в района на ресторант Чайка и буна 2 се показват останки от каменен градеж от обработени камъни с правоъгълна и трапецовидна форма с отвори и жлебове. В един от тях има отвор, който наподобява част от водопроводно съоръжение. Тези белези загатват за наличието на обществена сграда. Многобройните фрагменти от питоси (фиг. 2) предполагат наличието на това място на зърнени складове, паралелно на тези в пещерите. Тук са намерени още хромел, осев камък на врата, обработени каменни блокове, мраморна римска глава, фрагменти от бронзови подноси, кости на животни и местна керамика. Подреждането на камъните предполага наличието на кейова стена за товарно-разтоварни работи.

При построяването на силозите до съвременното пристанище през 50-те години на XX в. в бреговата зона е открита каменна постройка с мраморен под. В нея е намерена ръка на войнишкия бог Юпитер Долихен, вероятно става въпрос за храм на Юпитер.

Фиг. 2. Скица с обектите, разкрити по време на подводната археоложка експедиция „Бизоне 19“ (Исторически музей Каварна)

1 – мелница; 2 – ресторант „Чайка“; 3 – морска база; 4 – буна 2; 5 – потъналата част от Бизоне; 6 – вълнолом?; 7 – каменно сгрупване (брегоукрепване) с останки от сгради за зърнени складове, намерени са питоси.

Fig. 2. Sketch with the sites discovered during the “Bisone 19” underwater archaeological expedition (Kavarna Historical Museum)

1, mill; 2, Chaika restaurant; 3, marine base; 4, groin 2; 5, sunken part of Bisone; 6, breakwater?; 7, stone accumulation (coast stabilization) with remains of buildings for grain warehouses, pithos found.

Досегашни геоложки изследвания

През миналия и настоящия век сеизмогенното свлачище, разрушило гр. Бизоне, е описвано повече или по-малко подробно в публикации-те, посветени на черноморските свлачища. Тук ще се спрем на най-важните от тях. В студията на Kamenov et al. (1972) се намират доста данни, които косвено или пряко се отнасят за това свлачище: геоложки строеж на района, тектонски условия, сеизмичност, изветряне, абразия и др. Интерес представляват изследванията на доц. Л. Илиева, описани в тази студия, върху реологичните и физико-механичните свойства на варовитите глини (сега арагонитити). За първи път тя установява, че те са с много висок коефициент на чувствителност, което ги прави податливи на втечняване при динамични въздействия. В тази студия се поставя началото на изследванията на предпоставките и факторите, които обуславят възникването на свличанията по Северното Черноморие.

Значителен принос за изясняване на причините за възникване на разглежданото свлачище имат статиите на Koleva-Rekalova (1994, 1997, 1998), която установява, че глините, които изграждат по-голямата част от полуострова, не са обичайните алумосиликатни глини, а седименти с преобладаващо съдържание на арагонит. Както ще видим по-нататък, с този факт се обяснява особеното им поведение.

Pliev-Bruchev (1973, 1994) изследва влиянието на главния отключващ фактор – земетресенията, за възникването и развитието на свлачищните процеси по Северното Черноморие. Този фактор за разглежданото свлачище е описан по-подробно от Christoskov et al. (1995), който предполага, че земетресението, което го е предизвикало, е с епицентър при гр. Дулово. Според други автори епицентърът е в по-близката земетръсна зона Каварна-Шабла.

Други публикации, които се спират на свлачището, разрушило гр. Бизоне, са от Koleva-Rekalova et al. (1996) и Berov et al. (2011).

Свлачищните процеси по Северночерноморския бряг се разглеждат в редица публикации на Evstatiev & Evlogiev (2007, 2013) и Evlogiev & Evstatiev (2012, 2013, 2016). В тях се обръща по-голямо внимание на колебанията на морското ниво. Съставен е механичен модел за възникването на свлачищата. Изводите от тези изследвания са взети предвид при изясняване на геоложките и инженерно-геоложките условия, при които е станало разрушителното свличане при Бизоне.

Предпоставки и фактори за свлачището, разрушило гр. Бизоне

Геоморфология на черноморския бряг

Свлачището Бизоне се намира в югоизточния край на нос Чиракмана². Този нос, чиято дължина през Античността е била по-голяма, образува тясна ивица, наподобяваща полуостров, ориентиран на СЗ-ЮИ. Неговото било е сравнително равно и постепенно се стеснява на югоизток. Склоновете му са стръмни към морето и на север към дълбокото дере. Свлачището има главен свлачищен отстъп паралелен до субпаралелен на морския бряг. Свлачищният откос в най-високата си част се извисява над морето на 110 m. На изток и запад свлачищният отстъп се понижава до 4–5 m надморска височина (фиг. 3). Свлачищната повърхност срязва седиментите на Тополската и Евксиноградската свита (фиг. 4).

В района на свлачището са разграничени следните геоморфоложки форми: морски нива и тераси, стръмен, полегат и свлачищен склон, ерозионни дерета, свлачища и морски бряг.

Кватернерните³ тераси на северния черноморския бряг през миналия век са изучавани от Fedorov (1961), Fedorov et al. (1962), Lilienberg (1966), Kamenov et al. (1972). Popov & Mishev (1974), въз основа на хипсометрични и малко биостратиграфски данни, поделят черноморските тераси на: ранноплейстоценски – 110–120 и 80–100 m, средноплейстоценски – 50–60 и 35–40 m, късноплейстоценски – 20–25 и 8–15 m, холоценски – Новочерноморска 4–5 m и Нимфейска 1,5–2,0 m (фиг. 5).

Морски тераси и нива

Морските тераси по Северното Черноморие са резултат на трансгресиите и регресиите на морето, съпроводени с непрекъснатото издигане на сушата. За да се получи цялостна картина за тяхната възраст, хипсометрия и разпространение, както и за да се изясни по-добре ролята им за

² Чиракман е дума с тюркски произход и означава светилник, светлина. Според други автори тази дума е тракийска и означава същото. Навярно през Античността накрая на нос Чиракмана е имало фар, насочващ корабите към пристанището.

³ В миналото долната граница на Кватернера е променяна неколкостранно, което поражда различни представи за обхвата на Плейстоцена. През 2009 г. Международният съюз по геоложки науки (Gibbard et al., 2010) прие решение долната граница на Кватернера да се поставя под Геласия, на нивото на палеомагнитната граница Матуяма/Гаус – 2,59 млн. г. Кватернерният период е поделен на Ранен (2,59–0,781 млн. г.), Среден (0,781–0,126), Късен Плейстоцен (0,126–0,0118) и Холоцен – от 0,0118 млн. г. BP до днес (Pillans, Gibbard, 2012). Това поделение на Кватернера се приема и в настоящото изследване.

развитието на свлачищните процеси, те се разглеждат в съпоставка с терасите в един по-широк район – от гр. Варна до гр. Каварна (табл. 1).

Терасните материали по брега са аналози на съответните седименти от черноморския шелф, но са издигнати до съвременната им кота от неотектонските движения. Възрастта им е определена по тяхната хипсометрия, с описаните в литературата, макар и редки, фаунистични находки, както и с палеомагнитни изследвания.

Познавайки палеогеографската обстановка в района, и въз основа на корелации, е установена възрастта на няколко реперни тераси по северночерноморския бряг: Ранен Плейстоцен – $T_{125-130}$; ранен Среден Плейстоцен – $T_{100-115}$ и Късен Плейстоцен – T_{10-15} . Възрастта на останалите тераси е определена по разположението им спрямо реперните (табл. 1).

Ранно (старо) плейстоценско ниво (OPL). Високият равнинен терен на гр. Каварна и на

Фиг. 3. Геоморфоложка карта на района около Каварна

Ранноплейстоценски нива: 1 – OPL₁₂₄₋₁₃₀, в индекс кота (m) на геоморфоложката форма; ранносредноплейстоценски тераси: 2 – T₁₀₀₋₁₁₅, 3 – T₅₀₋₆₅; кънсредноплейстоценски тераси: 4 – T₄₀₋₅₀, 5 – T₃₀₋₃₅, 6 – T₂₅₋₃₀, 7 – T₁₆₋₂₀; късноплейстоценски тераси: 8 – T₁₀₋₁₅; холоценски тераси: 9 – T₂₋₅; 10 – свлачище „Бизоне“ – I век пр. Хр.; 11 – тераса T₁₁₀, предполагаемо продължение на тераса T₁₁₀₋₁₁₅, върху която е изграден гр. Бизоне; 12 – свлечен масив в морето по данни от подводната археология; 13 – стари стабилизиращи свлачища. Други обозначения: А-А – литолого-стратиграфски профил; SS – стръмен склон; GS – полегат склон; ED – ерозионно дере; LS – свлачищен склон.

Fig. 3. Geomorphological map of the area around Kavarna

Early Pleistocene levels: 1, OPL₁₂₄₋₁₃₀, in the index: elevation (m) of the geomorphological form; early Middle Pleistocene terraces: 2, T₁₀₀₋₁₁₅, 3, T₅₀₋₆₅; late Middle Pleistocene terraces: 4, T₄₀₋₅₀, 5, T₃₀₋₃₅, 6, T₂₅₋₃₀, 7, T₁₆₋₂₀; Late Pleistocene terraces: 8, T₁₀₋₁₅; Holocene terraces: 9, T₂₋₅; 10, Bisone landslide – 1st century B.C.; 11, terrace T₁₁₀, presumed continuation of terrace T₁₁₀₋₁₁₅, on which Bisone was built; 12, slid mass in the sea according to data from underwater archaeology; 13, old stabilized landslides. Other designations: A-A, lithological-stratigraphic profile; SS, steep slope; GS, gentle slope; ED, erosion valley; LS, landslide slope.

Фиг. 4. Литолого-стратиграфски профил А-А в челото на Чиракмана

a – предполагаеми морфоложки и палеогеографски условия на брега и прибрежния шелф по профил А-А, преди катастрофалното свличане; *b* – разрушителното свлачище от земетресение през втората половина на I век пр. Хр.; *c* – настояща ситуация; 1 – здрави, черупчести варовици с мергелно-детритусни или карбонатно-глинести прослойки (Карвунска свита); 3 и 4 – белезникави ламинирани арагонитни седименти, прослоени със здрави варовици (Тополска свита); 5 – сиви до тъмносиви диатомейно-спонголитови варовити глин и прахово-песъчливи глин, неясно до финослоести (Евксиноградска свита); 6 – глин с вълнообразна или нарушена структура, образувана от тежестта на преминалите свлачищни блокове; 7 – свлечени пакети от Тополската свита; 8 – песъчлив или глинесто-песъчлив делапсий; 8a – прибрежни глинесто-песъчливи седименти; 9 – литоложка граница; 10 – повърхност, по която е свлечен масивът и е разрушен гр. Бизоне; 11 – зидове от града; 12 – керамика. WL – водно ниво; OPL₁₂₀₋₁₂₁ – старо плейстоценско ниво, абсол. вис., m; T₁₁₀₋₁₁₅ – ранносредно-плейстоценска тераса.

Fig. 4. Lithological-stratigraphic profile A-A in the front part of Chirakman

a, presumed morphological and paleogeographic conditions on the coast and coastal shelf along profile A-A prior to the catastrophic sliding; *b*, the destructive landslide due to the earthquake – second half of the 1st century B.C.; *c*, present situation; 1, strong, shell limestone with marl-detritus or carbonate-clayey intervals (Karvuna Formation); 3 and 4, whitish laminated aragonite sediments intercalated with hard limestone (Topola Formation); 5, gray to dark gray diatomaceous-spongolite calcareous clays and silty-sandy clays, unclearly to fine-layered (Euxinograd Formation); 6, clays with undulated or disturbed structure, formed by the gravity of the passed landslide blocks; 7, slidden packs from the Topola Formation; 8, sandy or clayey-sandy delapsium; 8a, coastal clayey-sandy sediments; 9, lithological boundary; 10, a surface, along which the massif is sliding and the Bisone city was destroyed; 11, city walls; 12, ceramics. WL, water level; OPL₁₂₀₋₁₂₁, old Pleistocene level, absolute height, m; T₁₁₀₋₁₁₅, early Middle Pleistocene terrace.

Фиг. 5. Изглед на Чиракмана (снимка, предоставена от Александър Иванов)

OPL₁₂₅₋₁₃₀ – старо плейстоценско ниво, абсол. вис., m; T₁₁₀₋₁₁₅ – тераса; червена линия – свлачищна повърхност.

Fig. 5. View of Chirakman (photo submitted by Alexander Ivanov)

OPL₁₂₅₋₁₃₀, old Pleistocene level, absolute height, m; T₁₁₀₋₁₁₅, terrace; red line, landslide surface.

местността Чиракмана е формиран върху варовиците на Карвунската свита и представлява старо плейстоценско ниво (фиг. 3–5). Абразионната му повърхност е образувана на надморска височина 125–130 m. Единствено при свлачището „Бизоне“ е по-ниска със 7–8 m (118–122 m, фиг. 6). Върху OPL е разположена част от гр. Бизоне. Съвременният гр. Каварна също е разположен върху равнинния терен на OPL, разкъсан от две дълбоко врязани дерета, които се сливат на около 220 m северно от черноморския бряг. Староплейстоценското ниво е абразионно, без морска акумулация.

Възрастта на OPL в Дунавската равнина е доказано ранноплейстоценска (2,59–0,82 млн. г.) и по съпоставки за черноморската OPL се приема същата възраст (Evlogiev, 2019). Теригенните алувиално-пролувиални седименти върху старото ниво на Дунавската равнина са отложени през геомагнитната епоха Матуяма. Намерената в тях гръбначна фауна от мастодонти и първата поява на южен слон се корелира със Средния и Късния Вилафранк от Западна Европа, с Хапровския и Одеския фаунистичен комплекс от Източна Европа, а в черноморската област – с късния Куялник и Гурия.

Ранносредноплейстоценски са терасите T₁₀₀₋₁₀₅, T₁₀₀₋₁₁₀, T₁₀₈₋₁₁₃ и T₁₁₀₋₁₁₅, образувани в диапазона на коти 100–115 m (фиг. 3, 6). Терасите са представени от тесни ивици или петна в склоновете участващи на морето и по ерозионните дерета. Имат дължина от 200–300 до 700 m и широчина от 100 до 330 m. Профил А–А пресича една

от тези тераси, върху която е бил разположен гр. Бизоне. Терасата, преди свличането, е била с приблизителни размери 152/75 m. Остатъкът от нея днес е 70/50 m.

Описаните тераси са образувани в начало на геомагнитна епоха Брюнес и се отнасят към Чаудина. Корелират се с тераса T₇ в Дунавската равнина, съответстваща на морските изотопни стадии MIS 20 и 19 (0,793–0,760 млн. г.), т.е. в самия край на Ранния и в началото на Средния Плейстоцен.

Следващите по-ниски ранносредноплейстоценски (Древноевксински) тераси са T₅₀₋₆₀, T₅₀₋₆₅ и T₅₅₋₆₅. Образуват малки петна в склона до дълги ивици от 400 до 1100 m, с широчина от 30–40 до 80 m (фиг. 3). В Дунавската равнина цокълът на същата тераса (T₆) е образуван по време на MIS 18, а акумулирането на алувия – през MIS 18 и 17. Времевият обхват за формирането на тераса T₆ е 0,754–0,659 млн. г.

Късносредноплейстоценски са терасите T₄₀₋₅₀, T₃₀₋₃₅, T₂₅₋₃₀ и T₁₆₋₂₀. Те образуват малки петна и имат незначително разпространение. Възрастта им е определена по разположението им между съседните реперни тераси.

Късноплейстоценска е терасата T₁₀₋₁₅, известна като Карангатска. Възрастта ѝ е доказана с фауна във Варненския залив от Kojumdgieva (1961, 1964) и Fedorov et al. (1962). Цокълът на терасата е моделиран по време на MIS 6, а алувият – през MIS 5.

Холоценски тераси. Това са Древночерноморската T₅₋₇ и Нимфейската T₂₋₄ тераса, които формират тесни заравнености в ниската част на склона.

Стръмен (SS), полегат (GS) и свлачищен (LS) склон

Стръмният склон обхваща терена от ръба на старото плейстоценско ниво (кота 125 m) към дълбоките ерозионни дерета и към морето. В склона са оформени петна и ивици от описаните по-горе тераси. В откоса на стръмния склон се разкриват главно арагонитните седименти на Тополската свита, а във високата му част – варовиците на Карвунската свита. Основата на склона под кота 10 m е от финослоестите варовити глини с пясъчни прослойки на Евксиноградската свита.

Полегатият склон има ограничено разпространение в западната част на изследвания район (фиг. 3). Оформя терена между OPL и тераса T₁₀₀₋₁₁₀, т.е. между кота 125 m и кота 110 m. Изграден е главно от седиментите на Тополската свита.

Свлачищният склон заема терена от стария свлачищен отстъп, образуван в челото на тераси

Таблица 1
Корелация на терасите по морския бряг между градовете Варна и Каварна
Table 1
Correlation of the terraces along the sea coast between the towns of *Varna and Kavarna*

Северно Черноморие		Район I Варна-Златни пясъци		Район II Зл. пясъци- Кранево	Район III Долина Батова	Район IV Албена- Балчик	Район V Тополите	Район VI Каварна
Porov, Mishev (1974)		Evlogiev (2010), Evlogiev, Evstatiev et al. (2010, 2017), Evstatiev, Evlogiev (2013)						
Епоха/век	повърхн., тераси абс. вис., m	Ма	епоха/век	повърхнини и тераси, абсолютна височина, m				
Сармат– Понт	МЗП _{300–350}	5,330	Сармат– Понт	миоценова заравн. повърхност МЗП _{270–335}				
				T _{230–240} *, T _{230–245} *, T _{240–250}	ПЗП _{210–250}	ПЗП _{200–220}		
Дак	СПЗП _{170–230}		Дак	T _{200–210} *, T _{200–216} *, T _{200–220}	T _{198–220}			
		3,600		T _{177–178} *, T _{180–194} *, T _{180–200} , T _{190–200}	–			
Роман	МПЗП _{130–170}		Роман	T _{140–146} *, T _{140–150} *, T _{146–151} T _{150–160} *, T _{160–175} *, T _{165–170}	T _{162–178}	T _{140–155} *, T _{150–165} *, T _{165–175}	T _{155–164}	
Ранен Плейстоцен	T _{110–120} (Старочаудинска) T _{80–100} (Младочаудинска)	0,781	Ранен Плейст.	T _{110–120} *, T _{116–130} *, T _{120–130} *, T _{115–120} (късен Куяльник–Гурий)	–	T _{120–130}	T _{120–130}	T _{120–125} *, T _{125–130}
Среден Плейстоцен	T _{55–60} (Староевксинска) T _{35–40} (Узунларска)		Ранен Плейстоцен	T _{85–100} *, T _{90–102} *, T _{100–105} *, T _{95–107} (Чаудинска)	T _{84–108}	T _{85–92}	T _{85–90} *, T _{85–100} *, T _{90–102} *, T _{95–105} *, T _{100–110}	T _{100–105} *, T _{100–110} *, T _{108–113} *, T _{110–115}
				T _{55–64} *, T _{50–55} *, T _{52–60} *, T _{55–65} (Древноевксинска)	T _{60–64}	T _{53–61}	T _{55–67}	T _{50–60} *, T _{50–65} *, T _{55–65}
				T _{40–44} *, T _{40–46} *, T _{42–48} (Узунларска) T _{32–38} (Узунларска)	T _{40–44}	T _{44–46}	–	T _{40–50}
Късен Плейстоцен	T _{20–25} (Старокаранатска) T _{10–15} (Младокаранатска)	0,126	Късен Плейст.	T _{26–30} *, T _{25–30} *, T _{28–30} ? T _{16–20} *, T _{18–20} ? T _{10–15} (Каранатска)	T _{26–30} T _{18–20}	T _{33–37} T _{20–27} –	T _{32–40} *, T _{30–36} T _{25–30} T _{16–23}	T _{30–35} T _{25–30} T _{16–20}
					T _{10–14}	T _{10–12}	T _{10–12} *, T _{10–15}	T _{10–15}
Холоцен	T _{4–5} (Новочерноморска) T ₂ (Нимфейска)		Холоцен	T _{5–7} (Древночерноморска) T _{2–4} (Нимфейска)	–	–	T ₅	T _{2–5}

МЗП_{300–350} – миоценова заравнена повърхност, в индекс абс. кога, m; СПЗП_{170–230} – староплиоценова заравнена повърхност; МПЗП_{130–170} – младоплиоценова заравнена повърхност; ПЗП_{230–250} – плиоценова заравнена повърхност; T_{110–120} – морска тераса.
МЗП_{300–350}*, Миоцен denudation surface, in the index – absolute elevation, m; СПЗП_{170–230}*, Old Pliocene denudation surface; МПЗП_{130–170}*, Young Pliocene denudation surface; ПЗП_{230–250}*, Pliocene denudation surface; T_{110–120}*, marine terrace.

Фиг. 6. Изглед на старото плейстоценско ниво OPL₁₁₈₋₁₂₂ и ранносредноплейстоценската тераса T₁₁₀₋₁₁₅

Fig. 6. View of the old Pleistocene level OPL₁₁₈₋₁₂₂ and early Middle Pleistocene terrace T₁₁₀₋₁₁₅

T₁₀₈₋₁₁₃ и T₁₀₀₋₁₀₅ до морския бряг (фиг. 3). В склона се разкриват делапсий и седименти на Тополската и Евксиноградската свита. Изходен релеф за образуването на свлачищата е ранносредноплейстоценската тераса, т. е. те са по-млади от 0,760 млн. г. и са ранносредноплейстоценски. Свлачището „Бизоне“ също разкъсва тази тераса, но както отбелязахме по-напред, то е образувано през I в. пр. Хр. от сеизмично въздействие.

Ерозионни дерета

Старото плейстоценско ниво е прорязано от две дълбоки дерета – едното с посока СЗ-ЮИ и друго с посока С-Ю (фиг. 3). През първото преминава р. Дерето, която води началото си северно от с. Божурец, и е дълго 5–6 km. През по-голямата част на годината реката пресъхва. В изследвания район дъното му се понижава от кота 46 m до кота 15 m преди сливането му с другото дере. Врязано е в седиментите на Карвунската и Тополската свита и подсича скалния масив на Чиракмана от север, като оформя изгледа му на тесен „полуостров“. Второто дере, водещо началото си от гр. Каварна, е дълго 2,5 km. Дъното му се понижава бързо от кота 108 до 15 m. То е с течаща вода, която извира от контакта на варовиците на Карвунската свита със седиментите на Тополската свита (≈110 m).

Морски бряг

Морският бряг е подчертано абразионен и в по-голямата си част е изграден от седиментите на

Евксиноградската свита или от свлечени материали. Морската брегова ивица е с височина от няколко до 10–15 m. За защитата ѝ от абразията на щормовите вълни са изградени 3 буни. Плажната ивица в Каварненския залив е тясна (до 50 m), каменисто-песъчлива, поради което е насипана с пясък.

Палеогеография на прибрежния шелф през Холоцена

Измененията на палеогеографските условия на черноморския бряг и шелф са от голямо значение за възникването на свачищните процеси. В началото на Холоцена повърхността на нос Чиракмана при Бизоне е издигната до съвременната кота 110 m.

През Холоцена настъпват промени в палеогеографските условия на черноморския шелф (Peev, Peichev, 2007), в който се отделят прибрежна, централна и външна зона. В обсега на прибрежната зона се осъществяват абразията, транспортът и акумулацията на наноси. В района Балчик-Калиакра границата ѝ преминава на дълбочина 17–25 m. По време на максимума на последния вюрмски стадиял (W₂ – преди 17–18 ka) Черно море е сладководно езеро, наричано Новоевксинско с брегови очертания на –90 до –120 m.

Черноморската трансгресия започва през Холоцена. Темпът ѝ в началото е бил висок, но по-късно, към съвременната епоха, се е забавил (фиг. 7). По това време са отложени седиментите на Черноморския регионален етаж, обединяващ два подетажа: Древночерноморски – седиментите съдържат смес от новоевксински и средиземноморски видове, и Новочерноморски – съдържа само средиземноморски видове (Shopov, 1993).

В началото на Средния Холоцен е станало катастрофалното нахлуване на солени (35%) средиземноморски води през Босфора (Dimitrov, Dimitrov, 2003). Отложените сапропелни глинени от това геокатастрофално събитие са датирани на 7600 г. пр. Хр. Според други автори навлизането на средиземноморските води в Новоевксинското езеро е станало бавно, но засега този въпрос е дискуссионен (Hristova, 2015).

Археоложките данни са неоспоримо доказателство за промените на бреговата линия по време на черноморската трансгресия. При изследване на средиземноморските брегове в пещерата Франхти в Гърция, на дълбочина 11 m, е установено неолитно селище (7600 BP). В същата пещера, на дълбочина 9 m, са датирани по-млади слоеве на 6300–5100 BP.

Фиг. 7. Колебания на нивото на Черно море след Ранния Холоцен (по Peev, Peichev, 2007, с допълнения)

1 – черноморска трансгресия; 2 – регресия; 3 – трансгресия; 4 – Фанагорийска регресия; 5 – Нимфейска трансгресия; 6 – Корсунска регресия?; 7 – Лазска трансгресия; 8 – ниво на морето по време на свличането на Бизоне.

Fig. 7. Fluctuations of the Black Sea level after the Early Holocene (after Peev, Peichev, 2007, with additional data)

1, Black Sea transgression; 2, regression; 3, transgression; 4, Fanagorian regression; 5, Nymphaean transgression; 6, Korsunian regression?; 7, Lasian transgression; 8, sea level during the sliding of Bisone.

На черноморския бряг в Западна Грузия, на дълбочина 11 m, е датиран торфен слой от Имнатското блато – 5825 BP. Към края на V хил. пр. Хр. нивото на Черно море се повишило бързо и са залети къснохалколитните селища по западния му бряг (по данни от Балчишка Тузла).

След Черноморската трансгресия започва регресия, която продължава докъм края на III хил. пр. Хр. Последвалото повишаване на нивото се регистрира от залетите селища от Раннобронзовата епоха.

След късната Античност (VI в.) всички пристанища и древни градове на българския бряг са залети от Нимфейската трансгресия. След VI в. нивото на морето се покачва и достига пик към VII–VIII в. (Fedorov, 1963). След Корсунската регресия от XVIII в. започва съвременното покачване на нивото – Лазска трансгресия.

Описаните палеогеографски промени оставят своя отпечатък и в морфологията на черноморския бряг. През Холоцена в района са образувани терасите T_{4-5} и T_{2-3} , наричани от Роров & Mishev (1974) Новочерноморска и Нимфейска. Според Fedorov (1963, 1978), тераса T_{4-5} е образувана преди 4000–5000 години при ниво на морето 3–4 m над съвременното. След Фанагорийската регресия е последвала Нимфейската трансгресия, образувала тераса T_{2-3} .

Hristova (2015) също допуска повишаване на морското ниво над съвременното с 1–2 до 5 m по време на холоценските трансгресии. Според

Peev & Peichev (2007), по време на максимума на холоценските трансгресии нивото на морето е близко до съвременното.

Въпросът дали черноморското ниво през Холоцена е превишавало съвременното има отношение към станалото свлачищно събитие. В настоящия труд приемаме, че глациоевстатичният фактор след 7000 г. пр. Хр. не е довел до такова покачване на нивото. По черноморския бряг съществува спектър от холоценски и плейстоценски тераси (табл. 1) с хипсометрия от 2–3 до 120 m. Всички те са образувани от неотектонско издигане (сумарно) на черноморския бряг, а не от високо ниво на Черно море. Те имат корелати с дунавските тераси в долното течение на реката (Evlogiev, 2019).

Местоположението на античната брегова линия и на нивото на Черно море по време на катастрофалното свличане са от особена важност за изясняване на неговите причини. По археоложки данни в източната част на Каварненския залив при силно морско течение през 2000 г. морето се понижава и в района на буна 2 и ресторант „Чайка“ се разкриват останки от кейова стена, върху която са съществували складове за зърно (намерени са питуси, фиг. 2). Разкрилата се кейова стена понастоящем е на дълбочина около 2 m и на около 55–60 m от брега (фиг. 8). От началото на формирането на Нимфейската тераса до днес прибрежният шелф се е издигнал с 2–3 m, т.е. кейовата стена и античната брегова ивица по време на събитието е била на дълбочина 4–5 m от съвременното ниво.

До 70-те години на миналия век морето е достигало до основата на субвертикалния откос на Чиракмана (виж снимката с парахода от 1920 г., фиг. 9). Местоположението на античната брегова линия следва да бъде на 55 m паралелно на този бряг. През 1972 г. е изградена нова кейова стена и е усвоен терен от 50–60 m в морето. В резултат на тези корекции черноморският бряг е придобил съвременните си очертания.

Слад катастрофалното свличане античната брегова линия се е преместила до основата на новообразувания свлачищен откос. По данни от подводните археоложки проучвания при нос Чиракмана (фиг. 8) свлечени материали от гр. Бизоне (с археоложки артефакти) се установяват навътре в морето до 80 m от съвременната брегова ивица.

Литология и стратиграфия

По брега на нос Чиракмана при гр. Бизоне (фиг. 4) се разкриват силно размиваеми неогенски седименти, което е една от предпоставките за възник-

Фиг. 8. Антична брегова линия в Каварненския залив

OPL₁₂₁, T₁₁₀₋₁₁₅, SS, JS, ED – обозначенията са като на фиг. 3; T₁₁₀ – предполагаема площ на терасата преди свличането, върху която е изграден Бизоне; 1 – свлачище „Бизоне“ – I в. пр. Хр.; 2 – стари стабилизирани свлачища; 3 – ресторант Чайка; 4 – антична кейова стена; 5 – свлечени материали от Бизоне; 6 – антична брегова линия преди свличането, ниво на Черно море –4,5 m спрямо съвременното; 7 – антична брегова линия след свличането; 8 – съвременна брегова ивица; А–А – профилна линия, I, II, III – буни.

Fig. 8. Ancient coastline in the Kavarna Bay

OPL₁₂₁, T₁₁₀₋₁₁₅, SS, JS, ED, designations as in Fig. 3; T₁₁₀, presumed area of the terrace before the landslide, on which the town of Bisone was built; 1, Bisone landslide – 1st century B.C.; 2, old stabilized landslides; 3, Chaika restaurant; 4, ancient quay wall; 5, slidden materials from Bisone; 6, ancient coastline before the landslide, Black Sea level –4,5 m compared to the present one; 7, ancient coastline after the landslide; 8, present coastline; А–А, profile line, I, II, III, groins.

ване на широко разпространените свлачища. Основата на брега е изградена от Евксиноградската свита, която се състои предимно от консолидира-

ни глинести седименти. Върху нея е разположена Тополската свита, заемаща най-голямата част от свлачищното тяло. Тя е изградена предимно от рядкосрещащите се арагонитни седименти (фиг. 10). Геоложкият профил завършва с варовитите материали на Карвунската свита.

Евксиноградска свита

Изгражда основата на склона и се разкрива на места като тясна ивица в плажната зона (фиг. 3 и 4). От гледна точка на възникването на свлачищата, важна особеност е наклонът на повърхността на свитата (2–5°) на ЮИ, т. е. по посока към морето. В основата на склона при Бизоне горницето на свитата е на кота 10 m. В нея е врязана основната свлачищна повърхнина до кота –29 m в морето. Свитата се състои от сиви до тъмносиви, неяснослоести до финослоести варовити глинени с пясъчни прослойки (фиг. 11). Освен монтморилонит, илит и други глинести минерали, глините съдържат изобилно скелети на кремъчни водорасли (диатомеи) и силицие-

Фиг. 9. Изглед на Чиракмана, преди изграждането на кея (фото Силвена – Каварна)

Fig. 9. View of Chirakman before quay construction (Silvena photo – Kavarna)

Фиг. 10. Свлячище „Бизоне“, изглед откъм морето

3 и 4 – белезникави ламинирани арагонитни седименти, прослоени със здрави варовици (Тополска свита, toN_1^s); 5 – сиви до тъмносиви диатомейно-спонголитови глини и прахово-песъчливи глини, неясно до финослоести, с варовити прослойки (Евксиноградска свита, evN_1^{kg-s}); 6 – зона с нарушена слоестост, делапсий. Образувана е от тежестта на преминалите свлячищни блокове. Изградена е от глини с нарушена структура, омесена с варовити късове.

Fig. 10. Bisone landslide, view from the sea

3 and 4, whitish laminated aragonite sediments, with intervals of hard limestones (Topola Formation, toN_1^s); 5, gray to dark gray diatomaceous-spongolite clays and silty-sandy clays, unclearly to fine-layered, with calcareous intervals (Euxinograd Formation, evN_1^{kg-s}); 6, zone with disturbed stratification, delapsium. It is formed by the gravity of the passed landslide blocks. It is built of clays with disturbed structure, mixed with calcareous fragments.

Фиг. 11. Изглед на контакта между Евксиноградската (evN_1^{kg-s}) и Тополската (toN_1^s) свита (кота 10 m)

l – овлажнена зона.

Fig. 11. View of the contact between the Euxinograd (evN_1^{kg-s}) and Topola (toN_1^s) Formations (elevation 10 m)

l, moistened zone.

ви спонгии. Карбонатното им съдържание варира в широки граници – от безкарбонатни до карбонатни глини (до 55% карбонат – Koleva-Rekalova, 1997, 1998; Koleva-Rekalova et al., 1999). Карбонатното съдържание е най-високо в прослойките с черупков детритус, които се срещат често в разреза на свитата. Дебелината ѝ достига до 100 m.

Тополска свита

В района изгражда стръмния склон към морето и към ерозионните дерета (фиг. 12). Лежи нормално с постепенен преход върху глините на Евксиноградската свита. Горната ѝ повърхност е на приблизителна кота 110 m. Изградена е предимно от арагонитни седименти. Арагонитът се явява под формата на удължени призматични или иглоподобни кристали с дължина 0,010–

0,012 mm и ширина 5–10 пъти по малка от дължината. Кристалите са хаотично преплетени без кристализационни контакти. По този начин се образува силно пореста структура, която е крехка и неуплътнена, с възможност да поеме голя-

мо количество вода и е податлива на втечняване при динамични въздействия.

Арагонитните седименти на Тополската свита съдържат пространствено издържани тънки (обикновено от 20–30 cm до 1 m) прослойки от здрави микритни варовици, които играят армираща роля и имат основен принос за наличието на вертикални откоси в незасегнатите от свличане разкрития на свитата (фиг. 4, 13). Дебелината на Тополската свита при Бизоне е 100 m.

Фиг. 12. Геоложки строеж на района на гр. Бизоне (по Cheshitev et al., 1991)

toN_1^s – Тополска свита; kvN_1^s – Карвунска свита; odN_1^s – Одрска свита; $eolQ_p^{2-3}$ – лъсов комплекс; разломи: 1 – Безводишко-Селченски; 2 – Близнашки.

Fig. 12. Geological structure of the area of the Bisone city (after Cheshitev et al., 1991)

toN_1^s , Topola Fm.; kvN_1^s , Karvuna Fm.; odN_1^s , Odarts Fm.; $eolQ_p^{2-3}$, loess complex; Faults: 1, Bezvoditsa-Seltse; 2, Bliznatsi.

Фиг. 13. Изглед на Тополската свита – toN_1^s

Виждат се ясно ламинираните арагонитни седименти (3), редуващи се с варовикови прослойки (4).

Fig. 13. View of the Topola Formation – toN_1^s

The laminated aragonite sediments (3) are clearly visible, in alternation with limestone interbeds (4).

Карвунска свита

Изгражда приповърхностната част на вдадения към морето тесен полуостров (фиг. 3, 4). Покрива нормално с постепенен преход Тополската свита. Състои се предимно от здрави, плътни или кавернозни, често черупчести дебелослойни варовици. Дебелината на свитата е до 25 m. Контактът между Карвунската и Тополската свита е приблизително на кота 110 m. Варовиковите блокове от свитата са използвани за строителството на Бизоне и Карвуна (фиг. 14).

Кватернер

Представен е предимно от делапсий, който покрива повсеместно свлачищните склонове. Има глинест и прахово-глинест състав. Глините съдържат скални късове и блокове.

Фиг. 14. Основи на църква от времето на Карвуна – Първо български царство

За строителството са използвани варовити блокове от Карвунската свита.

Fig. 14. Foundations of a church from the time of Karvuna – the First Bulgarian Kingdom

Calcareous blocks from the Karvuna Formation were used in the construction.

Тектоника и неотектоника

Разглежданото сеизмогенно свлачище се намира в североизточната част на Варненската моноклинала, както се нарича потъващият на изток склон на Северобългарския свод (фиг. 15). Моноклиналата започва от околностите на гр. Варна, на запад е отделена от Северобългарския свод с Венелин-Добричката разломна зона, на север граничи с Генералтошевската седловина и Добруджанския масив, а на изток преминава в Черноморската депресия. Наклонът на моноклиналата е на юг и югоизток.

Варненската моноклинала е следюрска структура, образувана върху блоковите структури на доюрския план. Горната повърхност на този план постепенно потъва на изток и юг, поради което следюрските седименти също постепенно потъват, увеличават дебелината си в тази посока и формират моноклиналния строеж на структурата.

От проучванията за нефт и газ е установено, че по-старите от Триаса седименти на моноклиналата са силно блоково разчленени (Bokov, Chamberski, 1987). С по-малка амплитуда разломяванията продължават и през Кредата, като постепенно затихват през Терциера. Разседите са с две основни посоки: субмеридионална (приблизително север-южна) и изток-западна (субекваториална). Наблюдават се и диагонални разседи. С голяма важност за тектонските условия е Венелин-Добричката субмеридионална разломна

зона, която е граница между Варненската моноклинала и издигащия се Северобългарски свод.

В публикацията на Shanov & Karagjuleva (1996) са разгледани следсарматските структури и полето на тектонски напрежения в СИ България, свързани с проявата на най-младата за нашите земи тектонска фаза – Атийската. В седиментите на Одрската и Тополската свита авторите описват гънки със СИ-ЮЗ направление на директрисите при свиващи напрежения от СЗ-ЮИ. В Карвунската свита при Каварна гънките са ориентирани в СЗ-ЮИ направление. С подобна ориентация са изходите към морето на ерозионните долини на р. Дерето при Чиракмана, на Батовска река и Болата дере.

Черноморският бряг, в който са развити свлачищата, включително и засегналото гр. Бизоне, попада в граничната зона между Северобългарския свод и Черноморската депресия, потъваща през Неогена и Кватернера под товара на дебели терциерни утайки. Континенталният склон е отделен от морското дъно с голям разсед или група разседи (Tari et al., 2009), които навярно са съпътствани от паралелни на тях други разседи, продължаващи в шелфа и достигащи до морския бряг. Това разположение на изучавания район има голямо значение за устойчивостта на склона, особено като се вземе предвид неговият литоложки строеж.

Разседи, активни през Кватернера, са установени предимно в района на север от с. Шабла

Фиг. 15. Тектонско-геоморфоложка схема за приморската част на Североизточна България (по Evlogiev, Evstatiev, 2016 с допълнения; тектониката е по Bokov et al., 1987)

1 – миоценова заравнена повърхност ($MDL_{270-350}$, в индекс – кота на кватернерната подложка); 2 – староплиоценова (дакска) заравнена повърхност ($PDL_{200-270}$); 3 – романско терасно ниво ($T_{157-168}$); 4 – ранноплейстоценова тераса ($T_{125-130}$); 5, 6 – ранносредноплейстоценовски тераси (T_{80-100} и T_{55-65}); 7 – късносредноплейстоценовски, късноплейстоценовски и холоценовски тераси (T_{40} до T_2); 8 – епицентър на земетресение с $M > 7$; 9 – епицентър на земетресение с $M 5-6$; 10 – зони с различен сеизмичен интензитет (VII, VIII, IX); 11 – граници на зони с различен сеизмичен интензитет; 12 – четириетажни свлачища в склона на MDL; 13 – триетажни свлачища в склона на PDL; 14 – свлачища с три до два етажа в склона на романското ниво $T_{157-168}$; 15 – свлачища с два до един етажа в склона на ранноплейстоценовското ниво $T_{125-129}$; 16 – сондажи до кватернерна подложка. Разломи: 1 – Венелин-Добричка зона; 2 – Силистренско-Белгунски; 3 – Безводишко-Селченски; 4 – Батовски; 5 – Кичевски; 6 – Близнашки; 7 – Балчишки; 8 – Тригорски; 9 – Българевски; 10 – Тюленовски; 11 – Калиакренски; 12 – тектонски блок, потънал в източната част, вероятно през Средния и Късния Плейстоцен.

Fig. 15. Tectonic-geomorphological scheme for the seaside part of Northeast Bulgaria (after Evlogiev, Evstatiev, 2016, with additional data; the tectonics is according to Bokov et al., 1987)

1, Miocene denudation level ($MDL_{270-350}$, in the index – elevation of the Quaternary substrate); 2, old Pliocene (Dacian) denudation level ($PDL_{200-270}$); 3, Romanian terrace level ($T_{157-168}$); 4, Early Pleistocene terrace ($T_{125-130}$); 5, 6, early Middle Pleistocene terraces (T_{80-100} and T_{55-65}); 7, late Middle Pleistocene, Late Pleistocene and Holocene terraces (T_{40} to T_2); 8, earthquake epicenter, $M > 7$; 9, earthquake epicenter, $M 5-6$; 10, zones with different seismic intensity (VII, VIII, IX); 11, boundaries between zones with different seismic intensity; 12, four-storey landslides in the slope of MDL; 13, three-storey landslides in the slope of PDL; 14, landslides with three to two-storeys in the slope of the Romanian level $T_{157-168}$; 15, landslides with two to one level in the Early Pleistocene level $T_{125-129}$; 16, boreholes to the Quaternary substrate. Faults: 1, Venelin-Dobrich zone; 2, Silistra-Belgun; 3, Bezvoditsa-Seltse; 4, Batova; 5, Kichevo; 6, Bliznatsi; 7, Balchik; 8, Trigortsi; 9, Balgarevo; 10, Tyulenovo; 11, Kaliakra; 12, tectonic block sunken in the eastern part, probably during the Middle and Late Pleistocene.

и източно от нос Калиакра. С тях е свързана в голяма степен сеизмичната активност в тази част на крайбрежието. Според Christoskov et al. (1995) за нея допринася и Дуловското земетръсно огнище, което се отрича от Shanov & Radulov (2010). Северно от Шабла, Силистренско-Бел-

гунският и Балчишкият разлом се пресичат под прав ъгъл и образуват блок, денивелирал през Кватернера тераса $T_{125-130}$ до кота 1 m. Доказателство за принадлежността на този терен към $T_{125-130}$ е установената палеомагнитна граница Брюнес/Матуяма в льосовата покривка при Ду-

ранкулак (Evlogiev, 2006, 2019). Тази граница се намира върху въпросното терасно ниво и върху по-старите геоморфоложки форми. По-младите от него тераси са образувани по време на геоманитна епоха Брюнес. В случая се изключва наличие на средно- и късноплейстоценски морски тераси, тъй като теренът по това време е суша и е ареал на льосова акумулация. Разломите по контура на денивелирания блок са активни през Плейстоцена.

Налице са и други тектонски предпоставки за възникване на активни разломи по морския бряг. Съществува предположение, че Библейският потоп е настъпил в акваторията на Черно море през Холоцена поради скъсване на Босфорския провлак и нахлуване на средиземноморски води. При това морското ниво бързо се е покачило със 100 m (Dimitrov, Dimitrov, 2003). Толкова голямо и бързо покачване на водното ниво наистина може да предизвика образуване или активизиране на разседи между континенталния склон и морското дъно. Те вероятно са придружени от успоредни на тях вторични разломявания в посока към брега. За тяхното възникване допринася и издигането на Северобългарския свод, което продължава и сега. Повишаването на водното ниво е съпътствано, освен от разломявания, и от проява на земетресения, доказателство за което е нарастването на сеизмичната активност в зоната на големите язовири.

Описаната тектонска обстановка на Северното Черноморие е предпоставка за висока сеизмичност. Исторически източници съобщават за големи земетресения, станали през Античността и Средновековието и предизвиквали свлачища, срутища, наводнения и цунами (Iliev, 1973; Evstatiev, Rizzo, 1984; Christoskov et al., 1995; Rangelov et al., 2020). Земетресението през втората половина на I в. пр. Хр., предизвикало свличането на част от крепостта Бизоне, е причинило и срутвания на варовици от Одърската свита на субвертикалния откос на нос Калиакра и разрушаване на римско укрепление на това място. През първата половина на I в. сл. Хр., в резултат на морската абразия и на съпровождащите я свличания, а вероятно и след силно земетресение, е бил разрушен големият търговски център град Диоскурия, разположен на източното черноморско крайбрежие (Razumov, Hasin, 1978).

В средата на VI в. са станали силни земетресения, съпроводени с големи природни бедствия. Такова е било земетресението през 544 г. по времето на император Юстиниан, предизвикало голямо цунами, заляло четири римски мили (6 km) от морския бряг при гр. Варна и гр. Балчик, причинявайки много човешки жертви. Образованата висока вълна може да навлезе толкова

много в сушата само във Варненския лиман и в долината на р. Батова.

Последните големи бедствия са свързани със земетресението от 1901 г. с I=IX степен по MSK, чийто епицентър е източно от нос Калиакра на 8 km дълбочина (фиг. 15). Земетресението е предизвикало срутване на почти отвесния варовиков бряг и разрушаване на останките от римската крепост. Причинило е големи разрушения в гр. Каварна и в околните села. От това земетресение е възникнало голямото свлачище в местността Момчилски рид, разположен на 3,5 km западно от гр. Балчик (Iliev, 1973; Evstatiev et al., 2017).

Според Iliev (1973) такива големи сеизмични изяви се случват рядко (приблизително веднъж на 500 години). С по-голяма повтораемост са по-далечните земетръсни огнища, най-важно от които е Вранчанското. Те предизвикват земетресения с по-малък интензитет – VII и VIII степен по MSK. Въздействията от Вранчанското земетресение от 1977 г. върху свлачищата в съседни райони не са големи и са разгледани от Avramova-Tacheva & Stanchev (1983), Vutkov & Ivanchev (1983).

Съгласно Eurocode 8 (2012) за период на повтораемост от 475 години гр. Каварна и района е с референтно ускорение $a=0,32$ g.

Ерозия, абразия, карст

Релефът на района на гр. Бизоне от Плиоцена насам е оформен от интензивната абразия и ерозия – линейна и повърхностна. За това са спомогнали непрекъснатото издигане на сушата и голямата размиваемост на средносарматските седименти, най-вече на арагонититите на Тополската свита.

Ерозия. Днешният вид на нос Чиракман е силно повлиян от ерозионната дейност на малката река Дерето, която протича на север от него, и от морската абразия. Тя е с дължина няколко километра и води началото си северно от с. Божурец. В нея се влива друго дере, започващо от централната част на гр. Каварна (фиг. 3). Двете дерета имат значителен водосборен басейн, поради което при обилни валежи през тях преминава голямо количество вода, подкопаваща стръмните склонове. В резултат на това в долната си част р. Дерето е врязана дълбоко и нейният ерозионен базис навлиза в Евксиноградската свита.

Склоновете на Чиракмана са били подложени и на повърхностна ерозия (повърхностен смив), предизвикваща бавно пренасяне по повърхността на малки количества глина и арагонит. По

склона се наблюдават малки вадички или улеи, по които се стичат водни струйки с размита глина и арагонит. Повърхностната ерозия допринася за възникването на плитките повърхостни свличания, чиито отседания се наблюдават по склона.

Морска абразия. Морският бряг при нос Чиракмана и западно от него е висок и стръмен, и преди укрепителните работи плажната ивица е отсъствала или е била тясна. Брегът е изграден от лесноразмиваемите арагонитни материали на Тополската свита, под които се разполагат по-здравите, но също податливи на размиване глини на Евксиноградската свита. В резултат на морската абразия е оформен типичен абразионен бряг с почти вертикален клиф. Долната му част в Евксиноградската свита се е подкопавала непрекъснато, особено при щормове, съпроводено с образуване на прибойна ниша (фиг. 11). След като последната навлезе в масива, настъпва обрушване на клин от откоса. Според изследванията на Shuiski & Simeonova (1982) скоростта на абразията на отделни места достига до над 0,5 m годишно. При близко разположеното Калкантепе (до с. Божурец), в пет участъка с дължина от 50 до 90 m е измерена средна скорост на абразията 0,16 m годишно (Reichev, 2004). Брегът на това място има други (по-благоприятни) очертания в сравнение с вдадения в морето нос Чиракмана.

Представа за мащаба на морската абразия през последните 100 г. се получава от снимката, направена през 1920 г. пред Чиракмана (фиг. 9). На нея конфигурацията на брега не се различава особено от съвременния бряг преди извърше-

ните през 1972 г. укрепления и разширяване на бреговата ивица.

Сумарната величина на морската абразия е трудно да се определи, вероятно брегът под Бизоне след свличането е бил вдаден по-навътре в морето.

Карст. Карстовите образувания в района на гр. Каварна са изучавани от Popov & Mishev (1974). Тези от тях, които се наблюдават по морския бряг, са свързани с трансгресиите на морето през Кватернера и се установяват сега на по-голяма височина поради издигането на сушата. Някои от карстовите празнини имат суфозионен произход, поради лесната размиваемост на арагонитите на Тополската свита (фиг. 16). Част от празнините са преработени и използвани за складиране на зърно. По време на гр. Бизоне е имало много такива складове в приоткосната част на брега – градът е бил търговски център най-вече за износ на зърно. През 2019 г., по време на нашите изследвания на Чиракмана, Окръжният музей в гр. Добрич и музеят в гр. Каварна проучваха карстови форми, превърнати през Античността в складове за зърно.

Геоисторическо развитие на свлачищата между Варна и Каварна

Един от важните фактори за формиране на Северночерноморския бряг са климатичните флуктуации през Кватернера. Те са предизвикали многократно редуване на регресивни и трансгресивни изменения на морското ниво (Evstatiev, Evlogiev, 2013; Evlogiev, Evstatiev, 2016). Дру-

Фиг. 16. Карстови кухини във варовитите седименти на Тополската свита – нарушена зона

Fig. 16. Karst cavities in the calcareous sediments of the Topola Formation – disturbed zone

гите съпътстващи фактори, описани по-напред, са морската абразия, наличието на лесноразмиваеми миоценови седименти, разнопосочните неотектонски движения – потъване на морското дъно от тежестта на седиментите и издигане на морския бряг, земетресенията и, не на последно място, промените в хидрогеоложките условия.

В еволюцията на Черно море през Кватернера се установяват няколко етапа, през които то е било изолирано от Средиземно и свързано с Каспийско море. При регресивните фази водите му са били полусолени, а в утайките е съхранена бракична каспийска молускова фауна. По време на трансгресиите в Черноморския басейн нахлуват средиземноморски солени води през Босфора с халофилна фауна (Shopov, 1993).

По време на максимума на интергласиалните трансгресии нивото на Черно море е близко до съвременното. Тогава се образуват прибрежните тераси, които, в резултат на геодинамични процеси, са издигнати до котите, на които ги наблюдаваме сега.

Регресивните фази оставят своя отпечатък в шелфа на Черно море (Shopov, 1993; Dimitrov, 2008). При ниско ниво на морето бреговата ивица е подложена на ерозия, удълбочаване на деретата, силно разчленяване на релефа и понижаване нивото на подземните води. Последвалата трансгресия повдига нивото на подземните води в сушата. При тези условия разчлененият релеф в някои участъци загубва устойчивост, като се образуват гравитационни свлачища. Голяма част от тези свлачища са подводни.

Неколкократното редуване на трансгресивни и регресивни фази на морското ниво през Плиоцена и Кватернера предопределя етажното развитие на свлачищата (Evlogiev, Evstatiev, 2012).

Геодинамичен модел на свлачището „Бизоне“

По северночерноморския бряг се наблюдават свлачища от типа „свлачище-поток“, т.е. получени при втечняване на изграждащите ги седименти при сеизмично въздействие. Те са възникнали през Плейстоцена и в историческо време. Такива са свлачището при квартал Винаца на гр. Варна (Evlogiev, Evstatiev, 2016), свлачището „Иканталяка“ (Evstatiev, Evlogiev, 2007) и свлачището „Момчилски рид“ (Pulinowa, 1968; Evstatiev et al., 2017).

За разлика от тези свлачища, „Бизоне“ е сеизмогенно свлачище-срутище. Според нас, най-вероятният епицентър е източно от нос Калиакра (фиг. 15). Земетресенията с епицентър в този район имат многократни изяви. Между тях са го-

лемите земетресения през 544 г. и 1901 г., когато става свличането при Момчилски рид (интензитет I=IX степен по MSK, по Еврокод 8 референтно ускорение $a=0,32$ g).

Моделът на свлачището (фиг. 4) съдържа три етапа на неговото развитие. Първите два са до голяма степен хипотетични, а третият отразява съвременния му облик.

Първият етап обхваща времето на съществуването на гр. Бизоне до катастрофалното събитие през втората половина на I век пр. Хр. (фиг. 4a). Теренът на града представлява висок тесен полуостров (нос). Тази релефна форма е уязвима при сеизмични въздействия. Градът е заемал равнището на тераса $T_{110-115}$, която е имала дължина около 152 m и вероятно е била по-широка от сегашната (фиг. 3, 8). Терасата е образувана в арагонитните седименти с варовикови прослойки на Тополската свита. В основата на склона на кота 10 m те контактуват с варовитите глинени на Евксиноградската свита. По този контакт е формирано водно ниво, което се дренира към р. Дерето, Черно море и от водохващания на брега. Овлажнени зони се наблюдават в горната част на Евксиноградската свита (фиг. 11). Градът е бил водоснабден и по всяка вероятност арагонитните седименти, върху които той е построен, са били преовлажнени. Челото на полуострова е подложено на активна абразия, оформила стръмния склон към морето югоизточно от Бизоне.

Вторият етап отразява времето на свлачищното събитие (фиг. 4b). Главните причини за активизирането му са: литоложкият строеж – масивът е изграден от неустойчивите арагонитни седименти на Тополската свита; наклонът на пластовете е $4-5^\circ$ на юг-югоизток, т.е. по посока към морето; овлажняването на арагонитните седименти над контакта с Евксиноградската свита и под самия град, втечняване и протичане на овлажнената пластична зона от динамичното въздействие на станалото земетресение. Образувалото се свлачище-срутище е срязало по-голямата част от търговския квартал на Бизоне (около 82 m от терасата). Морският бряг по това време (преди свличането) е на около 52 m от съвременния, а нивото на морето е на $-4,5$ m. Хлъзгателната повърхност в стръмната си част срязва седиментите на Тополската свита и с форма на парабола навлиза в Евксиноградската свита до кота -29 m. Видими следи от хлъзгателната повърхност се наблюдават в основата на стръмния откос, където нормалната слоестост на масива е нарушена (фиг. 4, 10, разновидност 6).

Третият етап обхваща времето след свличането до днес. Вероятно през този етап се е срутила и останалата част от гр. Бизоне. Съвременният

изглед на свлачището е показан на фигури 4с и 10. През VI в. започва Нимфейската трансгресия и нивото на морето постепенно се покачва до съвременното (фиг. 7). В резултат на активна абразия са разрушени по-големите свлечени блокове и в момента артефакти от гр. Бизоне се установяват до около 80 m от съвременния бряг навътре в морето (фиг. 2, 4).

Хидрогеология

В района на Каварна в миоценските седименти се установяват два постоянни водоносни хоризонта. Единият е на контакта на варовиците на Карвунската свита с арагонитните седименти на Тополската свита ($\approx$ кота 110 m) и се дренира в дерето, започващо от гр. Каварна. В района на Чиракмана, в пределите на тесния полуостров, на тази кота понастоящем не се установява водно ниво. Това се дължи на малката площ за подхранване от дъждовни води и добрата дренираност на масива от север, юг и югоизток. Град Бизоне, както всички големи римски градове, е бил водоснабден и вероятно земната основа под него е била с по-високо водно съдържание.

Другият водоносен хоризонт е формиран на контакта Тополска/Евксиноградска свита на приблизителна кота 10 m близо до морето. Той се дренира в основата на склона и чрез извори – чешми по брега. Двете дерета се обединяват северно от свлачището „Бизоне“ на кота 11 до 15 m, която се понижава до морското ниво на разстояние 200 m. Водата от двете дерета в този участък вероятно е прониквала по горнището на Евксиноградската свита към масива на свлачището, особено при пълноводие в деретата.

Земномеханични свойства и устойчивост

Описаните по-горе литоложки разновидности са разпространени на голяма площ в района на гр. Бизоне. Както показват данните от лабораторните изследвания на проби от тези разновидности по морския бряг от гр. Балчик до гр. Каварна, те са малко променливи по литоложки състав и инженерно-геоложки свойства.

При свлачището „Бизоне“ се проследяват 8 инженерно-геоложки разновидности, представени на фигура 4. Усреднените стойности на техните земномеханични показатели са представени в таблица 2 (по данни от Evlogiev, Evstatiev, 2013; Evstatiev et al., 2017; Nankin, Krastanov, 2017).

Изчисленията за устойчивостта на свлачището „Бизоне“ са направени с програмния мо-

дул SLOPE/W на GEOSLOPE, по методите на Morgenstern-Price и Ordinary. Те са извършени по профил А–А (фиг. 3 и 4), като са използвани нормативните и изчислителни показатели на отделните разновидности, представени в таблица 2. Нормативните показатели представляват усреднените измерени стойности, а изчислителните – тези стойности, намалени с коефициент за сигурност. В модела са използвани изчислителните стойности на показателите, а хлъзгателната повърхнина е избрана автоматично от програмата. За района сеизмичното референтно ускорение е със стойност $a=0,32$ g (IX степен по MSK). Разгледани са следните случаи (табл. 3):

1) При основни натоварвания (без сеизмични сили) по профила на фиг. 4а, с водно ниво в инженерно-геоложката разновидност 5. Изчисленията показват, че преди земетресението (през втората половина на I век пр. Хр.) при посочените условия коефициентът на устойчивост $K_y=1,390/1,277^4$ е бил по-голям от допустимия $K_y=1,20-1,25$.

2) Със сеизмично въздействие по същия профил на фиг. 4а, с водно ниво. При наличие на земетръсни сили този коефициент се понижава до $K_y=0,862/0,830$, стойности по-ниски от допустимия K_y . В резултат на това е станало катастрофалното свличане през втората половина на I век пр. Хр. (фиг. 4b), а през следващите години до днес склонът е придобил приблизително сегашния си вид (фиг. 4с). Методиката на програмата за определяне на K_y не отчита втечняването на арагонитните седименти на Тополската свита при земетръс, което може да увеличи значително опасността от рухването на склона.

Заклучение

От анализа на наличните данни за геоложката обстановка, физичните и механичните показатели на литоложките разновидности и от анализа за устойчивост на склона, може да се направи следното заключение за причините, предизвикали срутването на морския бряг и разрушаването на римския град Бизоне в края на I век пр. Хр.

1) Градът е построен в края на вдаден в морето полуостров (нос Чиракмана), оформен от морската абразия и от ерозионната дейност на малка река, която преминава покрай него. Полуостровът е със стръмни склонове, почти вертикални в челната му част.

2) Той е изграден от сарматски седименти. До десетина метра над морското ниво (т. е. в

⁴ $K_y=1,403/1,285$ стойности на K_y по методите на Morgenstern-Price/Ordinary.

Таблица 2
Физико-механични показатели на инженерно-геоложките разновидности
Table 2
Physical and mechanical parameters of engineering geological varieties

№	Разновидност	Показатели											
		обемна плътност ρ , g/cm ³	об. тегло под вода γ , kN/m ³		върхови				остатъчни				
					кохезия c , kPa		ъгъл на вътр. триене ϕ , °		кохезия, c_r , kPa		ъгъл на вътр. триене ϕ_r , °		
		норм.	изч.	норм.	изч.	норм.	изч.	норм.	изч.	норм.	изч.		
1	Черупчести варовици (Карвунска свита)	2,02		233,3	145,8	17,7	14,8						
3, 4	Арагонитни седименти с варовикови прослойки (Тополска свита)	1,81	8,0	71,0	44,4	25,0	20,8						
5	Диатомейни глини с пясъчливи слоеве (Евксиноградска свита)	1,84	8,80	149,0	93,1	23,2	19,3	13,0	8,1	15,9	13,3		
6	Вълнообразна слоиста глина	1,85	8,46	48,2	30,1	21,4	17,8	22,3	13,9	17,3	14,4		
7	Свлечени пакети от Тополската свита	1,81	8,0	29,0	18,1	16,5	13,8	17,1	10,7	12,8	10,7		
8, 8а	Арагонитни седименти с „плаващи“ варовикови късове	1,84	8,72	29,5	18,4	17,9	14,9	18,7	11,7	15,7	13,1		

Забележка: с по-тъмен шрифт са обозначени показателите, използвани при анализите на устойчивост.
Note: Parameters in Bold are used in the stability analyses.

Таблица 3
Резултати от изчисленията на коефициента на устойчивост (K_s)

Table 3
Calculation results of the coefficient of slope stability (K_s)

Варианти	Метод на Morgenstern-Price	Метод Ordinary
Автоматично търсене при основно натоварване, с водно ниво	1,390	1,277
Автоматично търсене при сеизмично въздействие, с водно ниво	0,862	0,830

прибойната част на брега) те са представени от плътните глинени (съдържащи голямо количество диатомеи и спонгии) с тънки пясъчни прослойки на Евксиноградската свита. Глините са податливи на морска абразия, свидетелство за което са абразионните ниши, вкопани до 2 m в основата на склона. След като достигнат до тази дълбочина, нишите се обрушват, като предизвикват срутване на ламели (клинове) от лежащия над тях пласт.

3) Над Евксиноградската свита се разполагат арагонитните седименти (арагонитити по Koleva-Rekalova, 1994, 2002) на Тополската свита с дебелина до 100 m, прослоени с пачки от здрав варовик със средна дебелина 0,5–1,0 m. Арагонититите изглеждат сравнително сухи, но имат водно съдържание $w=40-45\%$ и при леко вибриране се втечняват. Втечняемостта на тези седименти при динамични въздействия е доказана и с лабораторни изследвания. Варовиковите пачки проявяват армиращ ефект, което позволява масивът да бъде с доста стръмни и високи склонове при статични условия. Наклонът на пластове както на Евксиноградската, така и на Тополската свита е към морето.

4) Слабоводообилен водоносен хоризонт се наблюдава на границата между Евксиноградската и Тополската свита. Неголямата ширина на полуострова създава добри условия за дрениране на подпочвените води. Обаче градът е бил водоснабден, поради което арагонитните седименти на Тополската свита, върху които той е построен, са били водонаситени или с повишено водно съдържание.

5) Сеизмичността на района на гр. Бизоне е висока. Според Eurocode 8 за период от 475 години той е с референтно ускорение $a=0,32 g$.

При тези условия много силно земетресение, станало в края на I в. пр. Хр., със сеизмичен интензитет IX, а може би и по-висока степен по MSK, е предизвикало загуба на сцеплението на арагонитните седименти, якостта на опън на армиращите ги варовикови прослойки не е могла да се противопостави на възникналите срязващи сили, склонът е загубил устойчивост, възникнало е свлачище-срутище, по чиято свлачищна повърхност градът се е сринал заедно със земната си основа до 80 m навътре в морето. Описаният механизъм на разрушителното свличане се потвърждава с направения анализ на устойчивостта на склона.

Литература References

- Avramova-Tacheva, E., S. Stanchev. 1983. Earthquake impact on the Taukliman landslide complex. – In: *The Vrancea Earthquake – 1977. Consequences in Bulgaria*. Sofia, Publ. House Bulg. Acad. Sci., 74–78.
- Berov, B., P. Ivanov, N. Dobrev, R. Nankin, M. Krastanov. 2011. State of the art for landslides along the North Bulgarian Black Sea coast. – In: *Proc. of the Second World Landslide Forum*, 3–7 October 2011, Rome, 97–112.
- Bokov, P., H. Chamberski (Eds.) 1987. *Geological Premise for the Oil-gas Bearing of the Northeast Bulgaria*. Sofia, Tehnika, 332 p. (in Bulgarian).
- Cheshitev, G., C. Chontova, N. Popov, E. Kojumdgieva. 1991. *Geological Map of Bulgaria on Scale 1:100 000, Balčik and Šabla Map Sheets*. Sofia, Committee of Geology, Dept. of Geophysical Prospecting and Geological Mapping.
- Christoskov, L., D. Gergova, I. Iliev, V. Rizzo. 1995. Traces of seismic effects on archaeological sites in Bulgaria. – *Annali di Geofisica*, 38, 5–6, 907–918.
- Dimitrov, P. 2008. The Black Sea – brief geological-geomorphological characteristics. – In: *The Earth – the Unrestful Planet*. Sofia, BG-Print, 268–275 (in Bulgarian).
- Dimitrov, P., D. Dimitrov. 2003. *The Black Sea, the Deluge and the Ancient Myths*. Varna, Slavenski Publ. House, 91 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Eurocode 8. 2012. *Seismic Design of Buildings. Part 1. General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*. National annex to BDS EN 1998-1-1, 2012.01.12.
- Evlogiev, Y. 2006. *The Pleistocene and the Holocene in the Danube Plain*. Unpublished D.Sci. Thesis. Sofia, Geol. Inst., 262 p. (in Bulgarian).

- Evlogiev, Y. 2010. Pliocene surface and high Quaternary terraces in the Batova River valley (Northeast Bulgaria). – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 70, 1–3, 91–101 (in Bulgarian with English abstract).
- Evlogiev, Y. 2019. *Quaternary Geology and Geomorphology of the Danube Plain*. Sofia, Geol. Inst., Bulgarian Academy of Sciences, 266 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Evlogiev, Y., D. Evstatiev. 2012. New geological model of the landslides between the Kranevo village and the Panorama camping-site (North Black Sea coast). – *Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 26, 3–26 (in Bulgarian with English abstract).
- Evlogiev, Y., D. Evstatiev. 2013. The landslides near the Topola village (Northern Black Sea coast). – *Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 27, 13–69 (in Bulgarian with English abstract).
- Evlogiev, Y., D. Evstatiev. 2016. The landslides in the area Varna city-Golden Sands resort (Black Sea Coast). – *Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 30, 49–114 (in Bulgarian with English abstract).
- Evstatiev, D., Y. Evlogiev. 2007. On the origin of the “Ikantak” landslide – the Balchik coast. – *Geologica Balc.*, 36, 3–4, 25–30.
- Evstatiev, D., Y. Evlogiev. 2013. Landslides along the Northern Black Sea coast between Varna city and Kavarna town (Bulgaria). – *Eco-Geo-Marina (Romania)*, 19, 39–57.
- Evstatiev, D., V. Rizzo. 1984. Sull’origine ed evoluzione delle frane nella zona di Balchik sul Mar Nero (Bulgaria). – *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 19, 289–305.
- Evstatiev, D., Y. Evlogiev, P. Ivanov, V. Petrova, D. Antonov, R. Nankin. 2010. Engineering geological settings of the seaside part of the valley of Batova River (North Black Sea area). – *Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 25, 79–98 (in Bulgarian with English abstract).
- Evstatiev, D., Y. Evlogiev, M. Nedelcheva. 2017. The landslides Zapadni Karamanlii and Momchilski Rid – Balchik Black Sea Coast. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 78, 1–3, 19–39 (in Bulgarian with English abstract).
- Fedorov, P. 1961. Quaternary terraces of the Caspian and Black Seas and their possible correlation with the Mediterranean Sea terraces. – *Bull. Geol. Inst. Acad. Sci. Estonian SSR*, 8, 33–34 (in Russian).
- Fedorov, P. 1963. *Stratigraphy of the Quaternary Deposits of the Crimean-Caucasian Coast and Some Problems of the Black Sea Geological History*. Trudi Geol. Inst. Acad. Sci. SSSR, 38, 158 p. (in Russian).
- Fedorov, P. 1978. *Pleistocene of the Ponto-Caspian*. Trudi Geol. Inst. Acad. Sci. SSSR, 310, 164 p. (in Russian).
- Fedorov, P., D. Lilienberg, V. Popov. 1962. Recent data on the terraces of the Black Sea coast of Bulgaria. – *Dokladi Acad. Nauk SSSR*, 144, 2, 431–434 (in Russian).
- Gibbard, P. L., M. J. Head, M. J. C. Walker and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy. 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. – *J. Quaternary Sci.*, 25, 96–102; <https://doi.org/10.1002/jqs.1338>.
- Hristova, R. 2015. *Bulgarian Black Sea Shelf and Coast during the Quaternary – Geological Evolution and Climatic Changes*. Sofia, St. Kliment Ohridski University Press, 127 p. (in Bulgarian).
- Iliev, I. 1973. Effect of the earthquakes on the appearance and activation of landslides along the Dobrudzha Black Sea Coast. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 34, 1, 75–85 (in Bulgarian with English abstract).
- Iliev-Bruchev, I. (Ed.) (1994). *The Geological Hazard in Bulgaria. Explanatory Notes to the Map in Scale 1:500 000*. Sofia, Publ. House of Bulg. Acad. Sci., 143 p. (in Bulgarian).
- Kamenov, B., A. Demirev, V. Vutkov, S. Tsvetkov, E. Avramova, I. Iliev, G. Simeonova, L. Ilieva, G. Milev. 1972. The landslides along the Balchik Black Sea Coast. – *Bull. Geol. Inst., Ser. Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 19, 5–31 (in Bulgarian with English and Russian abstracts).
- Kojumdgieva, E. 1961. Sur la présence de faune Quaternaire marine près du lac de Varna (Bulgarie de Nord-Est). – *Ann. Dir. gén. rech. géol.*, 12, 225–227 (in Bulgarian with French and Russian abstracts).
- Kojumdgieva, E. 1964. Le faune Pleistocène marine (Karangattienne) des environs de Varna (Bulgarie de Nord-Est). – In: *Recueil en l’honneur de l’acad. Jovtcho Smilov Jovtchev*. Sofia, Bulgarian Academy of Sciences, 519–525 (in Bulgarian with French abstract).
- Koleva-Rekalova, E. 1994. Sarmatian aragonite sediments in Northeastern Bulgaria – origin and diagenesis. – *Geologica Balc.*, 24, 5, 47–64.
- Koleva-Rekalova, E. 1997. Sedimentological characteristics of the Sarmatian rocks in the Balchik area, Northeast Bulgaria. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 58, 1, 31–42 (in Bulgarian with English abstract).
- Koleva-Rekalova, E. 1998. Formational conditions of the Sarmatian sedimentary rocks from the Balchik area, Northeast Bulgaria. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 59, 1, 69–74 (in Bulgarian with English abstract).
- Koleva-Rekalova, E. 2002. Aragonite sediments: nomenclature and classification. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 63, 1–3, 21–22.
- Koleva-Rekalova, E., N. Dobrev, P. Ivanov. 1996. Earthflows in the Balchik landslide area, North-eastern Bulgaria. – In: *Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Trondheim, Norway, 473–478.
- Koleva-Rekalova, E., N. Dobrev, P. Ivanov, A. Bozhinova. 1999. Sedimentological and engineering geological investigations of Sarmatian clays from the Balchik landslide area. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 60, 1–3, 103–108.
- Lilienberg, D. 1966. An attempt for morphological zoning of the Bulgarian Black Sea Coast. – *Bull. Bulg. Geogr. Soc.*, 6, 16, 23–46 (in Bulgarian).
- Nankin, R., M. Krastanov. 2017. Geotechnical parameters of the limestones of the Topola Formation in the area of the Topola village, Kavarna municipality (NE Bulgaria). – *Geologica Balc.*, 46, 2, 83–86.
- Peev, P., V. Peichev. 2007. Paleogeography of the Kavarna shelf. – In: *Kavarna – the Center of Northeast Bulgaria. Proc. of the Kavarna – 2007 Sci. Conf.* Faber Publ. House, 5–24.
- Peichev, V. 2004. *Morphodynamic and Lithodynamic Processes in the Coastal Zone*. Sofia, Slavenski Publ. House, 231 p. (in Bulgarian with English abstract).
- Pillans, B., P. Gibbard. 2012. The Quaternary Period. – In: Gradstein, F., J. Ogg, M. Schitz, G. Ogg (Eds). *The Geological Time Scale*. Elsevier, 1, 979–1020.
- Pulinowa, M. Z. 1968. Landslides in Momchil village on the Bulgarian Black Sea Coast. – *Geogr. J. Polish Geogr. Soc.*, 39, 3, 250–263.
- Popov, V., K. Mishev. 1974. *Geomorphology of the Bulgarian Black Sea Coast and Shelf*. Sofia, Publ. House of the Bulgarian Academy of Sciences, 267 p. (in Bulgarian with English and Russian abstracts).
- Rangelov, B., E. Rogozhin, O. Dimitrov, A. Korzhenkov, A. Ovsyushenko. 2020. Archaeoseismological studies for the Northern Bulgarian Black Sea coast. – *J. Eng. Inventions*, 9, 1, 24–40.
- Razumov, G. A., M. F. Hasin. 1978. *Sinking Cities*. Moscow, Nauka, 196 p. (in Russian).
- Salkin, A. 2009. Underwater explorations in the Kavarna Bay. – *Morski Vestnik*, 15, 19–20, p. 11.
- Shanov, St., J. Karagjuleva. 1996. Post-Sarmatian structures and tectonic stress field in North-Eastern Bulgaria. – *Rev.*

- Bulg. Geol. Soc.*, 57, 1, 53–60 (in Bulgarian with English abstract).
- Shanov S., A. Radulov. 2010. Seismotectonic model on geological data for 1892 Duloovo Earthquake, Lower Danube Valley. – In: *Proc. XIX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association*, Thessaloniki, Greece, 23–26 September 2010, 191–196.
- Shopov, V. 1993. Stratigraphy of the Quaternary Bulgarian Black Sea shelf sediments. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 54, 1, 83–97 (in Bulgarian with English abstract).
- Shuiski, Y., G. Simeonova. 1982. On the types of abrasion cliffs distributed along the Bulgarian Black Sea coast. – *Eng. Geol. and Hydrogeol.*, 2, Geol. Inst. of the Bulg. Acad. of Sci., 11–21.
- Tacitus, C. 1969. *Works in Two Volumes. Vol. I. Annals. Small Works* (Russian translation). Leningrad, Nauka, Leningrad Dept., 443 p. (in Russian).
- Tari, G., J. Davis, R. Dellmoure, E. Larratt, B. Novotni, E. Kozhuharov. 2009. Play types and hydrocarbon potential of the deep-water Black Sea, NE Bulgaria. – *Special Section the Black Sea Region*, 1076–1081.
- Torbatov, S. 2002. *The Fortification System of the Scythia Province (End of III–VII Century)*. Veliko Tarnovo, Faber Publ. House, 536 p. (in Bulgarian).
- Vutkov, V., E. Ivanchev. 1983. Effects of the earthquake on the landslide terrains along the Black Sea coast. – In: *The Vrancea Earthquake – 1977. Consequences in Bulgaria*. Sofia, Publ. House Bulg. Acad. Sci., 69–74.

Постъпила на 02.04.2021 г., приета за печат на 01.08.2021 г.

Отговорен редактор Пламен Иванов