

Инженерногеоложки условия на приморската част на долината на река Батова (Северно Черноморие)

Димчо Евстатиев, Йордан Евлогиев, Пламен Иванов, Ванушка Петрова, Димитър Антонов, Росен Нанкин

Геологически институт при БАН, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 24, 1113 София

D. Evstatiev, Y. Evlogiev, Pl. Ivanov, V. Petrova, D. Antonov, R. Nankin. 2010. Engineering geological settings of the seaside part of the valley of Batova River (Northern Black Sea coast). *Engineering Geology and Hydrogeology*, 25, 79 - 98.

Abstract. The paper considers the results from the investigations of a team of the Geological Institute of the Bulgarian Academy of Sciences in the Batova River valley (Balchik Municipality) related with the expansion of construction. The geomorphological and geological conditions in the valley are studied and an engineering geological zoning is performed.

The valley has been formed since the end of the Pliocene till now under the effect of marine and river erosion of the easily washed away Sarmatian sediments with parallel continuous rising of the mainland.

During the sea transgressions in the Glacial Pleistocene the seaside part of the Batova River valley had been transformed into a marine bay. After the last transgression during the Würm glacier thawing the sea had left behind low marine terraces, including the Baltata marshland locality. The studied region falls within the Varna monocline. Its seismicity is influenced by the Kaliakra-Shabla seismic zone – intensity of I=IX degree according to MSK and seismic coefficient $K_s=0.27$.

Sarmatian and Quaternary sediments are outcropped in the valley. The Sarmatian is represented by the diatomaceous clays of the Euxinograd Formation, found in the base of the valley, by the aragonite sediments of the Topola Formation, outcropped along the slopes, and by the calcareous materials of the rock crown of the plateau (Karvuna Formation). The Quaternary sediments represent deluvial clays and alluvial sediments. Nine engineering geological layers are distinguished in the Sarmatian and Quaternary sediments.

According to the geomorphological and geological conditions, the valley is divided in the following engineering geological zones (Fig. 1): Zone I – plateau; Zone II – valley slopes; Zone III – Pleistocene terraces; Zone IV – Holocene low terraces, the Baltata lagoon and a sand bar.

Zone I comprises a plain terrain with rock and semi-rock ground base. The most specific feature of Zone II is the presence of old landslides that might be activated by technogenic impacts. The Middle- and Late Pleistocene terraces, built of alluvial deposits with favourable engineering geological characteristics, belong to Zone III. Zone IV includes the lowest Holocene terraces and the Baltata marshland. It is built up of saturated sandy and clayey sediments and peat, the crucial problem being the low bearing capacity and the high water level.

Keywords: Northern Black Sea coast, Batova River, geomorphology, geological structure, aragonites, diatomaceous clays, engineering geology, slope processes, engineering geological zoning, soil mechanical parameters.

Резюме. В статията се излага анализ и обобщение на резултатите от проучвания на колектив от Геологическия институт на БАН в долината на р. Батова (Община Балчик) във връзка с разширяване на курортното строителство, като са изяснени нейните геоморфоложки и геоложки условия и е направено инженерногеоложко райониране.

Долината в сегашния си вид е образувана от края на плиоцена насам под въздействие на морската и речна ерозия при непрекъснатото издигане на сушата. Тя е изградена от сарматски диатомейни и арагонитни глини, покрити с делтапесъчни, делтавиални и алувиални отложения.

Според геоморфоложките и геоложки условия долината е разделена на следните инженерногеоложки участъци (фиг. 1): Участък I – плато; Участък II – склонове на долината; Участък III – плейстоценски тераси; Участък IV – холоценски ниски тераси, лиман “Балтата” и пясъчен плаж.

Участък I обхваща равнинен терен със скална и полускална земна основа. Най-характерната особеност на Участък II е наличието на стари условно стабилизирани свлачища. Към участък III принадлежат средно- и късноплейстоценските тераси, изградени от алувиални наслагии с благоприятни инженерногеоложки характеристики. Участък IV, обхваща най-ниските тераси и блатистия терен „Балтата”. Изграден е от водонаситени пясъчливи и глинести седименти, и торф, като главният проблем е високото водно ниво.

В статията се дават физичните и механични показатели на строителните почви.

Въведение. Състояние на проблема

Инженерногеоложките условия на приморската част на долината на река Батова представляват значителен интерес от научна и практическа гледна точка. Долината в сегашния си вид е образувана от късния плиоцен до днес в резултат на морската абразия и речната ерозия на лесноразмиваемите сарматски седименти при непрекъснатото издигане на сушата. По време на трансгресиите на морето през плейстоцена тя се е превръщала в морски залив. Последната трансгресия, предизвикана от стопяването на вюрмските ледници, е оставила след себе си блатиста местност „Балтата”, отделена от морето с пясъчна коса (фиг. 1).

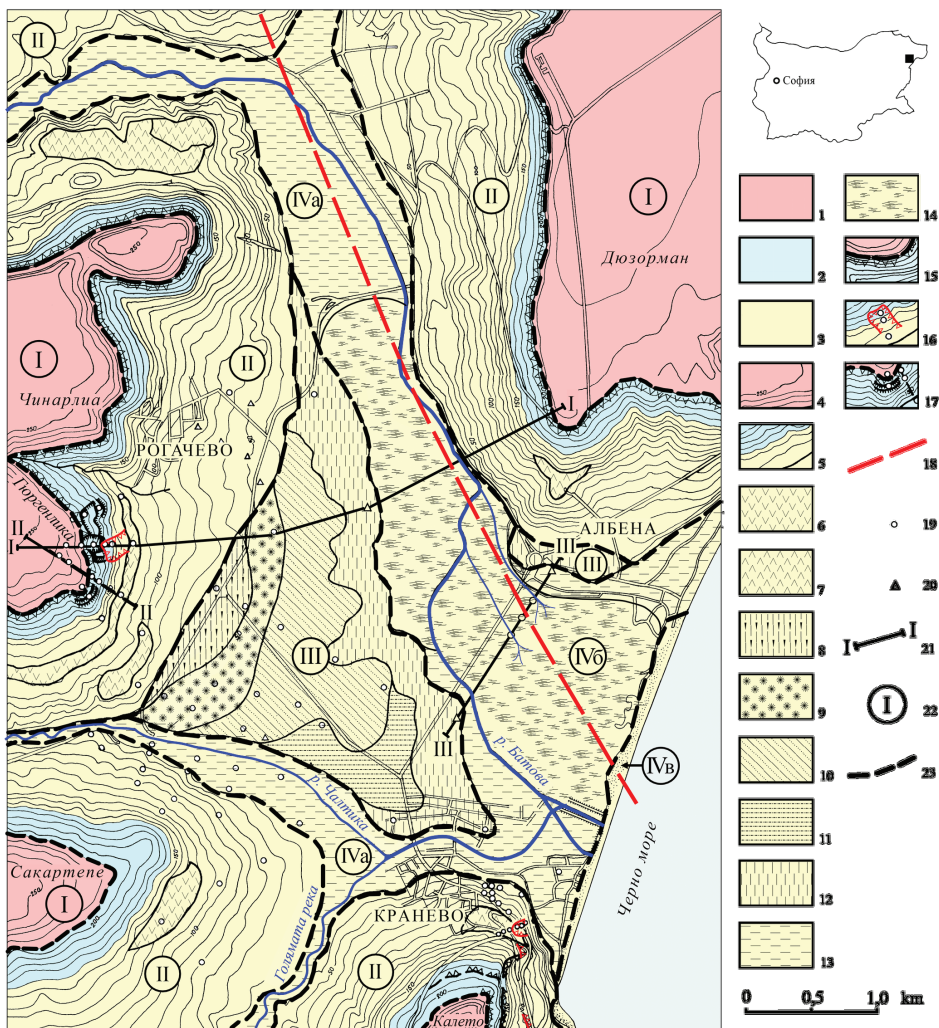
При формирането на долината по нейните склонове са възникнали свлачища (фиг. 1). Повечето от тях се отнасят към категорията на старите условно стабилизирани свлачища, податливи на активизация при техногенни въздействия.

По левия склон близо до морето и в част от плажната ивица през втората половина на миналия век беше изграден курортът „Албена”. Развиха се и се модернизираха селата Кранево, Рогачево, Оброчище и др. Беше изградена нова инфраструктура, големи хотели и много сгради.

Във връзка със строителството са провеждани инженерногеоложки и хидрогеоложки проучвания от Противосвлачищната станция във Варна (сега Геозащита ЕООД, Варна), от Районната проектантска организация във Варна, от Водоканалпроект, а напоследък и от редица фирми.

Попов и Мишев (1974) провеждат проучвания върху геоложкия строеж и геоморфоложките условия на долината. Те обобщават наличната информация за Батовския лиман и представят напречен профил през него. Според тях свлачищата по склоновете може да се групират в четири нива – на 190-225 m, на 130-160 m, на 90-110 m и на 30-40 до 25 m. Илиев (1973) отбелязва свлачищата по р. Батова на схематична карта, наред с други свлачища от Добруджанското крайбрежие. Свлачището южно от с. Кранево, възникнало през 1971 г., е проучено от Стойков (1979).

Представите за тектонския и литолого-стратиграфския строеж на района претърпяха сериозно развитие през осемдесетте и деветдесетте години на миналия век (Мандев и Начев, 1981; Попов и др., 1986; Попов и Коюмджиева, 1987; Боков и др., 1987; Чешитев и др., 1991, 1992; Колева-Рекалова, 1997, 1998;



Фиг. 1. Инженерногеоложка карта на приморската част на долината на р. Батова: 1 – алтернация от ядчести, черупчести и глинести варовици, Карвунска свита (kvN_1^s); 2 – арагонитни пясъчливи или прахови глини с прослойки от варовици, Тополска свита (toN_1^s); 3 – диатомейни прахови глини, слабо литифицирани, Евксиноградска свита (evN_1^{kg-s}); 4 – плиоценска заравнена повърхност (ПЗП); 5 – склон; 6 – тераса $T_{120-130\text{ m}}$; 7 – тераса $T_{84-92\text{ m}}$; 8 – тераса $T_{53-61\text{ m}}$; 9 – тераса $T_{44-46\text{ m}}$; 10 – тераса $T_{33-37\text{ m}}$; 11 – тераса $T_{20-27\text{ m}}$; 12 – тераса $T_{10-12\text{ m}}$; 13 – тераса $T_{2-5\text{ m}}$; 14 – блатист терен; 15 – главен свлачищен отстъп на старо свлачище; 16 – активно свлачище; 17 – свлачищни циркуси и стъпала; 18 – предполагаем разлом с донеогенска активност; 19 – сондаж; 20 – геофизичен сондаж (BEC); 21 – профилна линия; 22 – участък; 23 – контур на участък

Fig. 1. Engineering geological map of the coastal part of the Batova River: 1 – alternation of modular, whole-shells and clayey limestones, Karvuna Formation (kvN_1^s); 2 – aragonitic sandy or silty clays with limestone interbeds, Topola Formation (toN_1^s); 3 – diatomaceous silty clays, slightly lithified Euxinograd Formation (evN_1^{kg-s}); 4 – Pliocene denudation surface (PDS); 5 – slope; 6 – terrace $T_{120-130\text{ m}}$; 7 – terrace $T_{84-92\text{ m}}$; 8 – terrace $T_{53-61\text{ m}}$; 9 – terrace $T_{44-46\text{ m}}$; 10 – terrace $T_{33-37\text{ m}}$; 11 – terrace $T_{20-27\text{ m}}$; 12 – terrace $T_{10-12\text{ m}}$; 13 – terrace $T_{2-5\text{ m}}$; 14 – marshy terrain; 15 – main scarp of an old landslide; 16 – active landslide; 17 – landslide circuses and steps; 18 – supposed fault of Pre-Neogene activity; 19 – borehole; 20 – resistivity survey point; 21 – profile line; 22 – zone; 23 – zone contour

Koleva-Rekalova, 1994). Значението на изброените трудове от инженерногеоложка гледна точка може да се резюмира в следното:

- Установено е, че основата на долината е изградена от наслоени, различно литифицирани (предимно диатомейни) глини на Евксиноградската свита (evN_i^{kg-s} , сармат: горен караган – среден бесараб), описвани в предишни инженерногеоложки изследвания като „долна глинесто-мергелна задруга” (Каменов и др., 1972);

- Върху глините на Евксиноградската свита залягат арагонититните седименти на Тополската свита (toN_i^s , горен бесараб – долен херсон) – преди наричани „средна варовито-мергелна задруга”;

- Най-горната част на склона, т.е. скалният венец на платото, е изградена от варовиците и варовитите седименти на Карвунската свита (kvN_i^s) – преди „горна варовикова задруга”;

- Изяснени са тектонските условия и е получена нова информация за Варненската моноклинала – залягане на пластовете, разломвания и др.

Земномеханичните изпитвания на проби от глинестите и варовити материали на Евксиноградската и Тополската свити (Колева-Рекалова и др., 1999) допълниха съществуващите данни за тези седименти (Каменов и др., 1972).

Новите представи за геологията на района бяха използвани при проучванията в долината на р. Батова, направени от колектив от Геологическия институт на БАН (Евстатиев и др., 2006ф*, 2007ф**, 2007ф***, 2008ф****).

Част от резултатите от тези проучвания, отнасящи се предимно за десния склон на долината, са описани от Евлогиев (2009) и от Евстатиев и др. (2010). В настоящия труд се прави обобщение на наличната информация за цялата приморска част на долината.

Изследването е резултат на следните дейности: анализ и обобщение на данните от досегашните геоложки и инженерногеоложки проучвания (Д. Евстатиев и Й. Евлогиев), теренни дейности (Й. Евлогиев, Д. Евстатиев, В. Петрова, Р. Нанкин, Д. Антонов) и лабораторни изпитвания (Пл. Иванов, Р. Нанкин, В. Петрова и др.).

Методика на проучването

Десният склон на долината и прилежащите му тераси са проучени със сондажи, полеви и лабораторни изпитвания във връзка с изготвяне на предварителен устройствен план. Информацията за левия склон, за ниските тераси и за бластистата местност „Балтата” е получена предимно от картировки и литературни източници.

Проучванията включват следните теренни и лабораторни методи:

* Евстатиев, Д., Й. Евлогиев, Д. Карастанев, К. Стойкова, В. Петрова, Д. Антонов, М. Неделчева, П. Иванов, Б. Чакалова, Р. Нанкин. 2006ф. Инженерногеоложки доклад за предварителния устройствен план на поземлените имоти между селата Кранево и Рогачево на Албена АД, община Балчик, област Добрич. Геофонд на ГИ.

** Евстатиев, Д., Й. Евлогиев, Д. Карастанев, К. Стойкова, В. Петрова, Д. Антонов, М. Неделчева, П. Иванов, Б. Чакалова, Р. Нанкин. 2007ф. Инженерногеолошко проучване на поземлените имоти в местността “Бакалка” за изготвяне на технически проект, с. Кранево, община Балчик, област Добрич. Геофонд на ГИ.

*** Евстатиев, Д., Й. Евлогиев, Д. Карастанев, В. Петрова, Д. Антонов, М. Неделчева, П. Иванов, Н. Добрев, Р. Нанкин, П. Гергинов. 2007ф. Инженерногеолошко проучване за нуждите на ПУП на терени с площ 1400 дка, разположени в района на с. Рогачево, с. Кранево (община Балчик) и с. Генерал Кантарджиево (община Аксаково) – собственост на “Албена АД”. Доклад. Геофонд на ГИ.

**** Евстатиев, Д., Й. Евлогиев, Д. Карастанев, К. Стойкова, М. Неделчева, В. Петрова, П. Иванов, Н. Добрев, Р. Нанкин, З. Йорданова. 2008ф. Инженерногеоложки доклад за предварителния устройствен план на поземлените имоти между селата Кранево и Рогачево, собственост на фирма “Деметра-България” ЕООД, община Балчик, област Добрич. Геофонд на ГИ.

Теренни методи

- Геоложка и инженерногеоложка картировка в мащаб 1:25 000. На места по десния склон картировката е в мащаб 1:5000.
- Сондажно проучване. Извършено е с автосонда УРБ2,5А. Начинът на сондиране и вземането на проби са описани от Евстатиев и др. (2010). Прокарани са общо 93 броя сондажи с дълбочини от 20 до 50 m. Изградени са 20 броя пиезометрични сондажи за наблюдение на нивото на подпочвената вода.
- Електрично сондиране (ВЕС) в 23 точки до дълбочина 20 m.

Лабораторни методи

- Определяне на класификационните показатели и на параметрите на якостта на срязване (дренирано-консолидирано плоско срязване) на 103 проби;
- Определяне само на плътност и водно съдържание на други 300 проби;
- Компресионни изпитвания – 60 опита;
- Изпитване на якост на едноосен натиск – 47 изпитвания.

Всички изпитвания са направени в съответствие с БДС. Осредняването на стойностите за физичните и механични показатели, включително на параметрите на якостта на срязване (φ и c), е извършено според изискванията на нормативните документи (Министерство на регионалното развитие и благоустройството (1997 и 2002).

Геоморфология и произход на долината

Геоморфоложката еволюция през неогена и кватернера е изследвана от Попов и Мишев (1974), Евлогиев (2009) и Евстатиев и др. (2010). Установено е, че реката се е врязала в плиоценската заравнена повърхност (ПЗП) – (фиг. 1, фототаблица I.1 и II.1). Установени са две тераси във високия склон и пет тераси в ниския полегат склон (фототаблица I.1, II.1 и II.2), образувани през късния роман и плейстоцена. Те са резултат на палеоклиматичните промени, на евстатичните колебания на Черно море, на речната ерозия и морската абразия. Ориентирани са успоредно на черноморския бряг и очертават постепенното отдръпване на морето. Ниската холоценска тераса е разположена около съвременното русло на р. Чалтика, Голямата река и р. Батова. Приустиевата част на тези долини образува Батовския лиман (фототаблица II.2).

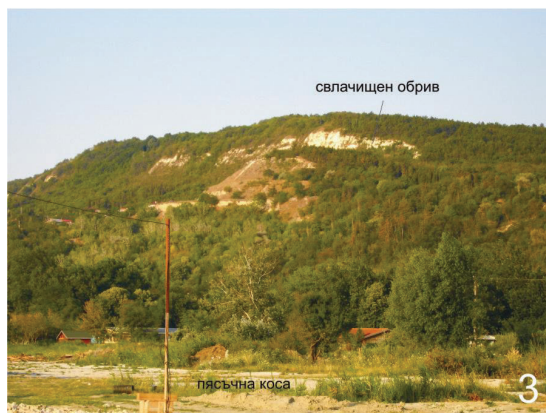
Река Батова до с. Оброчище тече в сравнително тясна долина на запад-изток, след което завива на югоизток (фиг. 1). След завоя при с. Оброчище долината постепенно се разширява, като в най-долната си част достига до 3,6 km. На 1,7 km от вливането си в морето реката образува три ръкава, които се разливат в блатистата местност „Балтата” (фототаблица II.2 и II.3). Склоновете на долината са разсечени от малки реки (Голямата река, Чалтика, и Рогачевската река) и от суходолия. Врязана е в глинесто-песъчливите и варовити сарматски седименти. Склоновете започват от платото, т.е. от ПЗП с абсолютна височина 210 - 250 m. Тази заравненост над десния склон е с по-голяма надморска височина в сравнение с левия (до 15-20 m, фиг. 1, фиг. 2). Формирана е във варовитите седименти на Карвунската свита.

Наклонът на склоновете е по-стръмен непосредствено под платото и достига до 27° южно от с. Кранево и до 22° северно от Албена. Средният наклон на склоновете от платото до ниските тераси, измерен по 8 профила, е около 9 - 10° и се изменя от 5 до 14°.

Долината на р. Батова е асиметрична, като нейната дясна част, в която се наблюдават добре развити тераси, е много по-широка от лявата (фиг. 2).

Склоновете са покрити с деласий и свлачищни блокове от Тополската свита (фиг. 3). По десния склон са установени две високи тераси ($T_{120-130\text{ m}}$, $T_{85-92\text{ m}}$), съответно с късноплиоценска-ранноплейстоценска и ранносредноплейстоценска възраст (Евлогиев, 2009). Втората тераса е добре изразена в левия склон над курорта „Албена” (фиг. 1).

Образуването на тези тераси и на свлачищата по склона е свързано с колебанията на нивото на Черно море през късния роман и плейстоцена. Из-



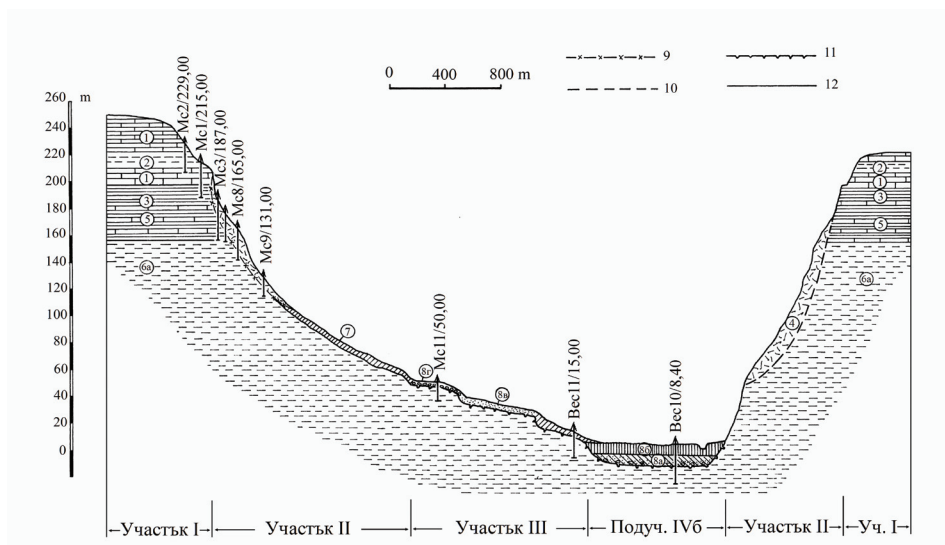
Фототаблица I: 1 – Горната част на долината след завоя при с. Оброчище 2 – Дясната част на долината между р. Чалтика и с. Рогачево. Профил I-I от фиг.1 пресича средата на снимката 3 – Свлачищен отстъп по склона южно от с. Кранево. Това е вторият отстъп под „Калето” на фиг. 1

Phototable I: 1 – Upper part of the valley after the curve near the Obrochishte village 2 – Right side of the valley between the Chaltika River and the Rogachevo village. Profile I-I from Fig. 1 crosses the middle part of the photo. 3 – Landslide scarp along the slope to the south of the Kranevo village. This is the second scarp under Kaleto in Fig. 1



Фототаблица II: 1 – Средната част на долината на р. Батова, 2 – Батовският лиман с местността „Балтата”, 3 – Пясъчната коса с плажна ивица

Phototable II: 1 – Middle part of the Batova River valley, 2 – The Batova liman in the Baltata locality, 3 – The sand bar with a beach strip



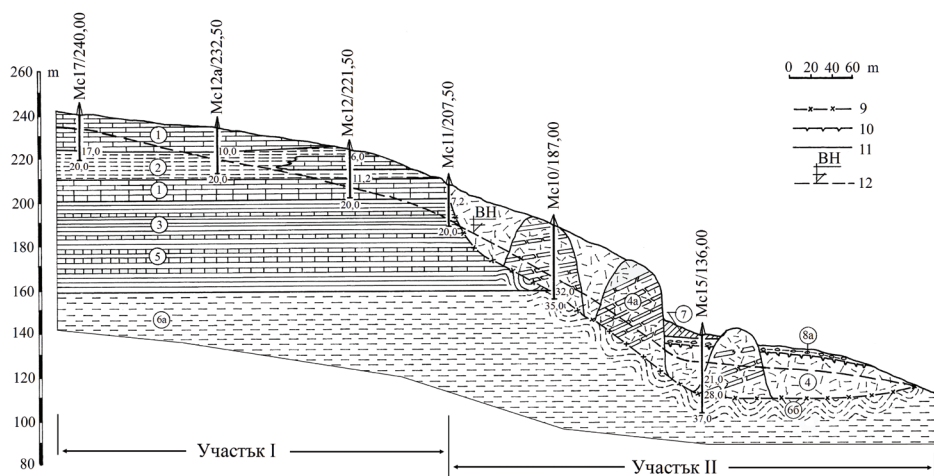
Фиг. 2. Напречен профил I-I от фиг. 1 през долината

1 – алтернация от ядчести, черупчести и глинести варовици, Карвунска свита (kvN_i^s); 2 – прахови глини, Карвунска свита; 3 – арагонитни пясъчливи или прахови глини с прослойки от здрави варовици, Тополска свита (toN_i^s); 4 – прахови и прахово-пясъчливи арагонитни глини с варовикови късове, делапсий; 5 – варовикови пластове, проследяващи арагонитните глини на Тополската свита; 6a – свежи диатомейни глини на Евксиноградската свита (evN_i^{kg-s}); 7 – прахови глини, делувий; 8a – алувиални пясъчливи глини на места с чакъли; 8б – торф и тини; 8в – алувиални пясъци, понякога с чакълни късове; 8г – чакъли; 9 – свлачищна повърхност на старо свлачище; 10 – предполагаема свлачищна повърхност на старо свлачище; 11 – абразионна и ерозионна повърхност; 12 – литоложка граница; Mc – моторен сондаж; BEC – геофизичен сондаж

Fig. 2. Transverse profile I-I from Fig. 1 across the valley

1 – alternation of modular, whole-shells and clayey limestones, Karvuna Formation (kvN_i^s); 2 – silty clays, Karvuna Formation; 3 – aragonitic sandy or silty clays with firm limestone interbeds, Topola Formation, (toN_i^s); 4 – slided silty and silty-sandy aragonitic clays with disturbed limestone bedding; 5 – limestone beds, interbedding the aragonitic clays of the Topola Formation; 6a – fresh diatomaceous clays of the Euxinograd Formation (evN_i^{kg-s}); 7 – silty clays, delluvium; 8a – alluvial sandy clays with gravels at some places; 8b – peat and ooze; 8c – alluvial sands, sometimes with gravel clasts; 8d – gravels; 9 – rupture surface of an old landslide; 10 – supposed rupture surface of an old landslide; 11 – abrasional or erosional surface; 12 – lithological boundary; Mc – motor borehole; VES – resistivity survey point

следваната част на долината е била морски залив, контурите на който са маркирани от запазените тераси. При ниско, регресивно ниво на морето бреговата ивица е била подложена на ерозия, предизвикваща удълбочаване на деретата и разчленяване на релефа, съпроводено с понижаване на нивото на подземните води. Последвалата трансгресия е подпирала подземните води и те бързо са се покачвали. При тези условия склоновете на разчленения релеф са загубвали устойчивост и са се образували свлачища. За тяхното възникване е спомагало и наличието на лесно развиваемите сарматски седименти. Терасите са формирани при максимума на трансгресиите върху образуваните преди това свлачища. По-голяма част от тях са подводни, формирани в морски залив през късния роман-ранен плейстоцен и през ранния среден плейстоцен. Понастоящем те се намират на голяма надморска височина поради непрекъснатите позитивни движения на сушата след тяхното образуване.



Фиг. 3. Инженерногеоложки профил II-II от фиг. 1

1 – алтернатива от ядчести, черупчести и глинести варовици, Карвунска свита (kvN_i^s); 2 – прахови глини на Карвунската свита; 3 – арагонитни пясъчливи или прахови глини, с прослойки от здрави варовици, Тополска свита (toN_i^s); 4 – прахови и прахово-пясъчливи арагонитни глини с варовикови късове, делапсий; 4a – свлачищен блок, изграден от седименти на Тополската свита с нарушена структура; 5 – варовикови пластове, проследяващи арагонитните глини на Тополската свита; 6a – свежи диатомейни глини на Евксиноградската свита (evN_i^{kg-s}); 6b – горна променена част на Евксиноградската свита – пластът е с вълнообразна структура, образувана от тежестта на свлечените блокове; 7 – прахови глини, делувий; 8a – алувиални пясъчливи глини с чакълни късове; 9 – свлачищна повърхност на старо свлачище; 10 – абразионна повърхност; 11 – литоложка граница; 12 – водно ниво; Mc – моторен сондаж

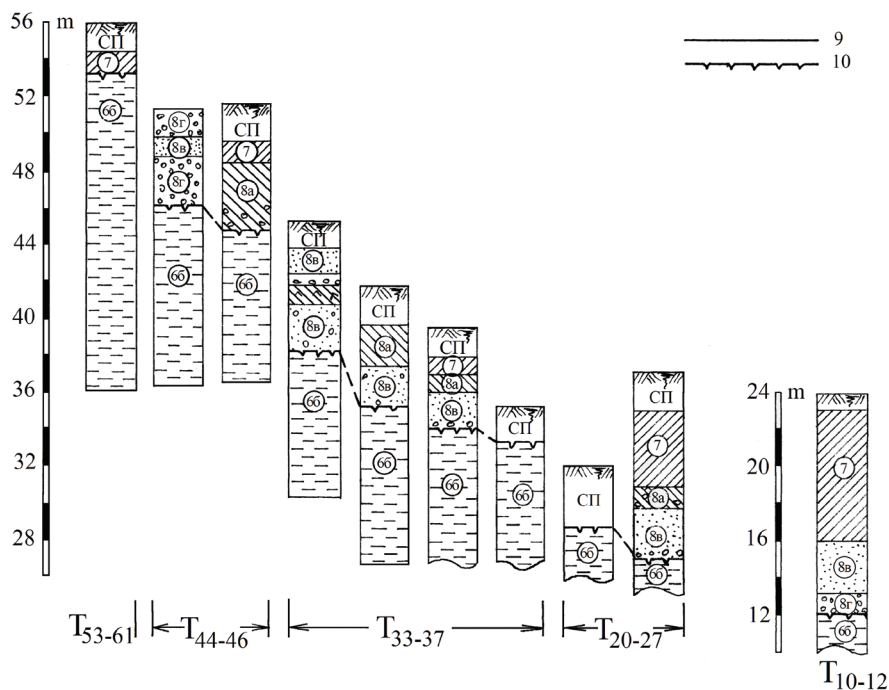
Fig. 3. Engineering geological profile II-II from Fig. 1

1 – alternation of modular, whole-shells and clayey limestones, Karvuna Formation (kvN_i^s); 2 – silty clays of the Karvuna Formation; 3 – aragonitic sandy or silty clays with firm limestone interbeds, Topola Formation, (toN_i^s); 4 – slid silty and silty-sandy aragonitic clays with disturbed limestone bedings; 4a – landslide block, built of sediments of the Topola Formation with disturbed structure; 5 – limestone beds, interbedding the aragonitic clays of the Topola Formation; 6a – fresh diatomaceous clays of the Euxinograd Formation (evN_i^{kg-s}); 6b – altered part of the Euxinograd Formation – the layer is with undulated structure, formed by the weight of the sliding blocks; 7 – silty clays, delluvium; 8a – alluvial sandy clays with gravel clasts; 9 – rupture surface of an old landslide; 10 – abrasional surface; 11 – lithological boundary; 12 – water level; Mc – motor borehole

По десния бряг на р. Батова се наблюдават и по-ниски средно- и късно-плейстоценски тераси, врязани в седиментите на Евксиноградската свита. Това са терасите – $T_{53-61\text{ m}}$, $T_{44-46\text{ m}}$, $T_{33-37\text{ m}}$, $T_{20-27\text{ m}}$ и $T_{10-12\text{ m}}$ (фиг. 1, фиг. 4). Алувият на терасите е изграден от чакъли, пясъци и пясъчливи глини с дебелина от 1 до 5 m. По съвременния релеф терасите не винаги се забелязват, тъй като са покрити с делувиялен шлейф.

Ниската холоценска тераса $T_{2-5\text{ m}}$ е разположена около съвременното русло на Голямата река и р. Батова. Приустиевата част на тези долини през холоцена е потъвала, в резултат на което е образувана удавена долина, т.е. Батовският лиман, запълнен с речно-морски седименти (Попов и Мишев, 1974). Той е с площ около 7 km². Покрит е от лонгозна гора.

Лиманът е отделен от морето с пясъчна коса, в южната част на която се наблюдават ниски дюни.



Фиг. 4. Сборна литоложка колонка на Участък 3

6б – горна променена част на Евксиноградската свита (evN_i^{kg-s}); 7 – прахови глини, делувий; пласт; 8а – алувиални пясъчливи глини на места с чакъли; 8в – алувиални пясъци или пясъци с чакълни късове; 8г – чакъли; СП – съвременна почва; 9 – литоложка граница; 10 – абразионна повърхност; T_{53-61} – абсолютна височина на цокъла на терасите

Fig. 4. Typical lithological columns of zone 3

6b – altered part of the Euxinograd Formation (evN_i^{kg-s}); 7 – silty clays, delluvium; 8a – alluvial sandy clays with gravel at some places; 8c – alluvial sands or sands with gravel clasts; 8d – gravels; СП – contemporary soil; 9 – lithological boundary; 10 – abrasional surface; T_{53-61} – absolute height of the terrace socle

Литолого-стратиграфски строеж

Прибрежната част на долината на р. Батова е изградена от неогенски (сарматски) и кватернерни седименти (фиг. 1, фиг. 2).

Сарматските седименти са представени от Евксиноградската, Тополската и Карвунската свити (Попов и др., 1986; Попов и Коюмджиева, 1987; Колева-Рекалова, 1997).

Евксиноградската свита (evN_i^{kg-s}) изгражда основата на долината до кота около 160 m. Непроменената ѝ част е изградена от сиви до тъмносиви слоести глини с пясъчни прослойки със залягане на пластовете 3-5° на югоизток. Освен монтморилонит, илит и други глинести минерали, глините съдържат изобилно скелети на кремъчни водорасли (диатомеи) и силициеви спонгии. Карбонатното им съдържание варира в широки граници и достига до 55%. То е най-високо в прослойките с черупков детрит, които се срещат често в разреза на свитата.

Евксиноградската свита се покрива от Тополската свита, а на запад латерално се зацепва с Одърската свита. Горнището ѝ се маркира от детритусна варовита прослойка. Дебелината на Евксиноградската свита достига до 100-110 m.

Тополската свита (toN_i^s) заляга с постепенен преход върху Евксиноград-

ската свита. Тя е изградена предимно от арагонитни глини (Koleva-Rekalova, 1997; Колева-Рекалова, 1998). Арагонитът има химичен състав както калцита, но е с метастабилна структура и в него калциевият карбонат се явява под форма на удължени призматични или заострени кристали (Braithwaite, 2005). Свитата съдържа пространствено издържани тънки (обикновено от 20-30 cm до 1 m) прослойки от здрав варовик. Дебелината ѝ достига до 44 m. Свитата над кота около 200 m се покрива от Карвунската свита с рязка литоложка граница.

Карвунската свита (kvN_i^{kgs}) образува скалния венец на платото (фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3). Изградена е от здрави, плътни или шуплести черупчести варовици, прослоени с глинести варовици и различно оцветени глини. Контактът между Карвунската и Тополската свити южно от с. Рогачево се маркира от варовит груб пясъчник, който е на кота около 200 m. Дебелината ѝ достига до 25-50 m. Шуплестите варовици на Карвунската свита се използват като облицовъчен материал и за декоративни настилки.

Кватернерните наслаги включват алувиални, делувиялни и езерно-блатни наслаги.

Тектонски строеж и земетръсност

Разглежданата част от долината на р. Батова попада в източния склон на Северобългарския свод, известен като Варненска моноклинала. Тя е оформена от моноклинално затъване на изток и юг на следюрския структурен план (Чешишев и др., 1991, 1992). Проявите на интензивна блокова тектоника са стари и засягат подложката от палеозойски и мезозойски скали. През неогена и кватернера тектонските движения са предимно вертикални и позитивни (районът се намира в източната част на Севернобългарския свод), като не са съпроводени с големи разломявания (Боков и др., 1987). Скоростта на съвременните издигания е 4-5 mm годишно.

На Картата за геоложката опасност на България (Илиев-Бручев, ред., 1994) е отбелязан активен разлом северно от приморската част на долината. Наличието на т.нар. Батовски разлом е потвърдено и с подводно термопрофилиране (Гашаров и др., 1993). Съществуват следните индикации за наличие на друг разлом, разположен в самата долина:

- Рязка смяна на посоката на река Батова от изток на юг преди с. Оброчище.

- Асиметричност на долината, като най-дълбокото врязване (най-вероятно по протежение на разлома) е в лявата ѝ част и достига до 30 m под съвременното речно легло.

Тъй като наличието на такъв разлом в самата долина има инженерно-геолошко значение е необходимо да се проведат сондажни и геофизични проучвания за неговото доказване и за определяне на основните му характеристики: дължина, амплитуда, възраст и др.

Съгласно Нормите за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони сеизмичността е IX степен по MSK, със сеизмичен коефициент $K_c=0,27$. За тази степен е взета предвид Калиакренско-Шабленската зона, чиято последна голяма изява през 1901 г. е предизвикала освен разрушения на голям брой сгради и активизиране на някои свлачища – например свлачището в близко разположената местност “Момчилски рид”.

Големите земетресения по крайбрежието и в акваторията на морето могат да предизвикат и цунами (Христосков, Тъпкова-Заимова, 1979; Рангелов и др., 1983; Evstatiev, Rizzo, 1984). Според историческите сведения, приведени в цитираните трудове, силно земетресение в средата на VI век е предизвикало цунами, при което „морето е нахлуло четири римски мили в района на Варна и Балчик”. В района на Балчик подобно събитие може да стане единствено в долината на р. Батова. Във връзка с тази опасност авторите подкрепят направени предложения за изграждане на система за предупреждение.

Инженерногеоложко райониране

Въз основа на геоморфоложкия и литолого-стратиграфски строеж приморската част на долината на р. Батова е подразделена на следните инженерногеоложки участъци (фиг. 1, фиг. 2): Участък I – плато; Участък II – склонове на долината; Участък III – морски тераси; Участък IV – ниски заливни тераси, лагуната „Балтата” и пясъчно-плажна ивица.

Земномеханични характеристики на пластовете, изграждащи участъците

Осреднени физични и механични показатели на преобладаващата част от пластове, които изграждат земната основа на участъците, са представени на таблица 1. Тук са дадени само основните показатели за отделните пластове.

Пласт 1. Варовици от Карвунската свита. Пластът е изграден от здрави ядчести и черупчести варовици с тънки прослойки от керемидено-червена и бяла варовита глина, преминаваща в бял мек варовик. По десния склон на долината, пластът се състои от два слоя с дебелини 17 и 10 m, които са разделени от глините на описания по-долу Пласт 2 (фиг. 2, фиг. 3). Ядчестите и черупчести варовици се характеризират със следните основни показатели: $\rho=2,26 \text{ g/cm}^3$, $w=0,5\%$, якост на едноосен натиск $R_c=26,5 \text{ MPa}$, якост на опън $R_t=3,3 \text{ MPa}$ (таблица 1). В лабораторията са направени подробни изпитвания с проби от всички слоеве и прослойки на пласта (Евстатиев и др., 2007ф^{***}, 2008ф^{****}).

Приблизителна представа за средната стойност на кохезията c за целия пласт може да се получи с т.нар. обратни разчети, като се използва формулата за максималната височина на временния вертикален откос $H_{90}=2ctg\phi/\gamma$, където c е кохезия, ϕ – ъгъл на вътрешно триене и γ – обемно тегло. В изкопи в Пласт 1 са наблюдавани устойчиви откоси с височина до 8 m. Въз основа на този факт и на лабораторните данни за показателите, влизащи в посочената формула, се приемат следните стойности: $H_{90}=8 \text{ m}$; $\phi=22,1^\circ$ – това е средната стойност за мекия варовик и глинестите прослойки; $\gamma=21 \text{ kN/m}^3$ – средна стойност за трите прослойки. При тези стойности се получава $c=233,3 \text{ kPa}$.

Пласт 2. Прахови глинени от Карвунската свита. Намира се в средата на Пласт 1. Дебелината на пласта достига до 10 m. Характеризира се със следните показатели (таблица 1): консистенция – среднопластична; $\rho=1,87 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,39 \text{ g/cm}^3$, $w=34,4\%$, коефициент на порите $e=1,02$, параметри на якостта на срязване – $c'=29,0 \text{ kPa}$, $\phi'=17,7^\circ$, компресионен модул при 0,2 MPa, $M_{0,20}=7,9 \text{ MPa}$.

Пласт 3. Арагонитни глинени на Тополската свита. Тук се отнасят седиментите на свитата при условията на естествено залягане. Пластът представлява бяла до белезникава арагонитна глина с прослойки от здрави варовикови пачки (фиг. 3, Пласт 5) и сива финослоиста глина с мидени черупки. Дебелината на пласта е около 44 m. Арагонитните глинени по БДС се класифицират като прахови глинени и прахови пясъчливи глинени. Намират се предимно в среднопластична консистенция, а отделни прослойки – в мекопластична. Характеризират се със следните осреднени показатели: $\rho=1,86 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,35 \text{ g/cm}^3$, $w=37,6\%$, $e=1,09$, якост на срязване: $c'=30,5 \text{ kPa}$, $\phi'=21,3^\circ$.

Пласт 4. Свълечени материали на Тополската свита. Дебелината на пласта е променлива – от 8 m до 35 m. Пластът се състои от арагонитна глина в среднопластична консистенция, чиято структура е нарушена от свличането. Върху нея „плуват” варовикови късове от Карвунската свита. По зърнометричен състав и пластичност е прахова пясъчлива глина. За пласта са определени следните показатели: $\rho=1,85 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,37 \text{ g/cm}^3$, $w=34,6\%$, $e=1,06$, $I_c=0,60$, якост на срязване: нормативни ефективни върхови стойности – $c'=23,9 \text{ kPa}$, $\phi'=27,8^\circ$; нормативни ефективни остатъчни стойности – $c_r=8,4 \text{ kPa}$, $\phi_r=26,8^\circ$, компресионен модул $M_{0,20}=7,2 \text{ MPa}$.

Седиментите на Пластовете 3 и 4 според БДС се отнасят към глинестите строителни почви, но трябва да се има предвид, че по редица свойства се отличават от типичните глинени. Те съдържат карбонатни (арагонитни), а не алумосиликатни минерали, което се отразява на тяхното инженерногеоложко поведение. Например по външен вид арагонитните глинени изглеждат сухи, но според

Таблица 1. Класификационни и физични показатели на почвените разновидности
 Table 1. Classification, physical and strength parameters of the soil varieties

Пласт	Класификационни показатели по БДС										Физични показатели										Якост на срязване при ефективни напрежения				Якост на едноосен натиск	Якост на опън																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Зърнометричен състав				Показател на пластичност						Наименование						Върхова якост на срязване				Остатъчна якост на срязване																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	> 2mm	2 - 0.1mm	0.1 - 0.005mm	< 0.005mm	W _L	W _P	I _P	I _C	w	ρ	ρ _d	n	e	S _r	c'	φ'	c _r	φ _r																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	%	%	%	%	%	%	%	%											%	g/cm ³	g/cm ³	%	-	%			kPa	deg	kPa	deg	MPa	MPa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Забележка: - физичните показатели за торфа и тинните са по Евстатиев и Манов, (1988)

лабораторните данни те имат високи стойности за w (таблица 1) и се намират в меко до среднопластична консистенция. При вибриране пробите протичат, а необсадените сондажи се затварят, което показва, че са склонни към пластично деформиране.

Пласт 5. Прослойки от здрави варовици. Това са прослойки сред арагонитните глини на Тополската свита с дебелина от 20-30 cm до 1 m. Имат армираща роля в ненарушения масив и голям принос за запазване на висок устойчив субвертикален откос. Пласт 5 се характеризира със следните основни показатели: $\rho=2,35 \text{ g/cm}^3$; $w=0,6\%$; $R_c=36,0 \text{ МПа}$; $R_t=3,7 \text{ МПа}$.

Армиращата роля на варовиковите прослойки (Пласт 5) в откосите на Тополската свита (Пласт 3) е оценена косвено с посочената по-горе формула за височината на устойчивия вертикален откос. С нея са получени следните параметри за якостта на срязване на целия масив, изграден от Пластовете 3 и 5: кохезия $c=71,0 \text{ kPa}$ при ъгъл на вътрешно триене $\varphi=25,0^\circ$. Следователно армиращите прослойки са увеличили около три пъти ефективната върхова стойност на кохезията.

Пласт 6а. Свежи диатомейни глини на Евксиноградската свита. Пластът е изграден от сиви до тъмносиви слоести глини, най-често диатомейни, с пясъчни прослойки. Пласт 6а се характеризира със следните основни показатели: $\rho=1,79 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,25 \text{ g/cm}^3$, $w=43,1\%$; $e=0,94$; $R_c=1,6-3,0 \text{ МПа}$. Прави впечатление ниската обемна плътност на сухата маса ρ_d при сравнително високите стойности на R_c , което се дължи от една страна на литификацията на глините, а от друга – на голямото съдържание на остатъци от диатомей и спонголити.

В разреза на свитата се срещат хоризонтални прослойки от слабо структурирана тъмносива до черна органична глина (Евстатиев и др., 2010). Тези прослойки са на различни нива в сондажните колонки по склона и може погрешно да се обединят в непрекъснат слаб слой, който да се приеме за свлачищна повърхност. Такава грешка, междувпрочем, е допускана при досегашните проучвания на свлачищата и довежда до понижени стойности на коефициента за устойчивост на склона.

Най-горната част на свитата постепенно променя цвета си към по-светъл и видимо понижава якостта си, което дава основание да бъде отделен по-долу описаният Пласт 6б, който е разграничаван и при предишните проучвания (Стойков, 1979; Евстатиев и др., 2006ф*, 2007ф**, 2007ф***, 2008ф****).

Пласт 6б. Горна променена част на Евксиноградската свита. В най-горната си част свитата е с променена структура от въздействието на различни процеси: изветряне – окисляване в зоната на аерация и проникване на повърхностни води; разтоварване от ерозия и абразия на покриващите я пластовете; структурни нарушения от преминаващите свлачищни блокове.

Дебелината на пласта достига до 4 m в обсега на старите свлачища. Структурата на глината е омесена до вълнообразна. Най-често глината е пестра или сива до тъмносива с по-светли включения от прахов или глинест пясък.

В обсега на плейстоценските тераси и в склоновите участъци, незасегнати от свлачища, пластът представлява изветрителна зона на Евксиноградската свита. Представен е от бежова до сива глина, на места кафява, с прослойки от рждиви глинести пясъци. Пластът има фина хоризонтална слоестост. Ядката е крехка и по-лесно се разцепва по наслояването. Дебелината на изветрялата зона се променя от 3-6 m, като в отделни случаи достига до 12 m.

Физикомеханичните показатели на пласта са променливи в дълбочина, като постепенно прехождаат към тези на Пласт 6. Освен това в пласта са включени както изветрялата част на Евксиноградската свита, така и слой от нея, който е засегнат от свлечените блокове. По тази причина процентите на зърнометричните фракции на таблица 1 не са осреднявани, а са представени с граничните им стойности. Осреднени са другите физични и механични показатели, като за тях са получени следните стойности (Евстатиев и др., 2007ф****): $\rho=1,71 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,16 \text{ g/cm}^3$, $w=47,1\%$, $e=1,38$, $I_c=0,61$, якост на срязване: $c'=24,0 \text{ kPa}$, $\varphi'=24,0^\circ$, компресионен модул $M_{0,20}=6,5 \text{ МПа}$ при $p=0,20 \text{ МПа}$.

Пласт 7. Делувий. Образуван е от преотлагане чрез повърхностен смив на изветрели сарматски седименти. Дебелината му в долната част на склона достига до 8,0 m. В състава му преобладават жълтеникави до бежови глини с ръждиви петна и повлекла, често с ръбести карбонатни късове. Осредняване на процентите на зърнометричните фракции на Пласт 7 не е направено по същите причини, както за Пласт 6б. Най-често пластът е представен от прахови глини до прахови пясъчливи глини в средно- до твърдопластична консистенция. Установени са следните основни физични и механични показатели (таблица 1): $\rho=1,89 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,49 \text{ g/cm}^3$, $w=27,2\%$, $e=0,87$, $I_c=0,73$, якост на срязване: $c'=21,0 \text{ kPa}$, $\phi'=20,6^\circ$, компресионен модул $M_{0,20}=7,1 \text{ MPa}$ при $p=0,20 \text{ MPa}$.

Пласт 8а. Алувиални глини. Отложени са върху плейстоценските и ниска-та холоценска тераси, като обикновено залягат над чакълно-пясъчни отложения или върху размивната повърхност на диатомейните глини. Понякога съдържат детритус или чакълни късове. Дебелината им върху плейстоценските тераси е от 1 до 3,5 m, в ниската тераса – до 5 m, а в лимана – до 30 m, като тук съдържат прослойки торф. Представени са от прахови глини или пясъчливи глини в среднопластична (по-рядко в мекопластична) консистенция. Най-често са бежови със сиви повлекла, на места жълторъждиви. Съдържат манганови наледи. Пласт 8а в плейстоценските тераси притежава следните основни показатели (таблица 1): $\rho=1,95 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=1,53 \text{ g/cm}^3$, $w=27,2\%$, $e=0,83$, $I_c=0,62$, якост на срязване: $c'=26,0 \text{ kPa}$, $\phi'=15,3^\circ$, компресионен модул $M_{0,20}=5,0 \text{ MPa}$ при $p=0,20 \text{ MPa}$.

Пласт 8б. Блатни глини. Това са торф и тини, отложени в лимана. Пряслоят се в горната част на пясъчливите глини до дълбочина 15 m. Образуван са в речно-морски условия, за което свидетелства намерената холоценска молускова фауна (Попов и Мишев, 1974). Отложенията на пласт 8б се отнасят към слабите водонаситени почви ($S_r=0,92-0,97$) с много нисък компресионен модул $M_{0,2}=18-46 \text{ kPa}$ при $p=0,2 \text{ MPa}$. Те са неконсолидирани, в течна консистенция ($I_c=-0,31$) и силно слегваеми. По зърнометричен състав и показател на пластичност са прахови глини със съдържание на прах ($d=0,1-0,005 \text{ mm}$) – 49%, глина ($d<0,005 \text{ mm}$) – 51% (таблица 1). Характеризират се със следните показатели (по данни за Варненския лиман – Евстатиев и Манов, 1988): $\rho=1,47-1,69 \text{ g/cm}^3$, $\rho_d=0,76-1,14 \text{ g/cm}^3$, $w=47-97\%$, $e=1,36-2,40$.

Пласт 8в. Алувиални пясъци. По зърнометричен състав са прахови дребни пясъци, които на места преминават в чакълест пясък или глинест пясък. Според относителната им плътност те са средно сбити. Дебелината на пласта е от 1 до 3 m.

Пласт 8г. Алувиални едри чакъли. Чакълите са с размери от 2-5 до 10-15 cm и са с пясъчлив запълнител. Те са със заоблени късове от микритни варовици, флинт и пясъчници. Дебелината на пласта е от 1 до 2,5 m.

Пласт 9. Пясъци от пясъчната коса и плажната ивица. Обхващат ивица от крайбрежието с ширина до 180 m. В северната част на плажната ивица (Албена) пясъкът е среднозърнест, средносортиран, с карбонатно съдържание 98,9%, често с късове от Евксиноградската свита (Попов и Мишев, 1974).

Пред лимана (в пясъчната коса) пясъкът е дребнозърнест, средносортиран, изграден е предимно от кварц, с ниско карбонатно съдържание – 18%.

Плажната ивица при с. Кранево е от финозърнести пясъци, с карбонати – 11,7-15,9%. Тежката фракция е около 1,1-1,6% и е представена от епидот, титан, магнетит и фероокиси (Попов и Мишев, 1974). До дълбочина 5-6 m пясъците са рохкави до средносбити, а след тази дълбочина – средносбити до сбити. По данни за пясъчната коса на Варненските езера (Евстатиев и Манов, 1988) Пласт 9 се характеризира с: $w=22,0-31,5\%$, $w_{opt}=10,0-13,5\%$, стандартна плътност $\rho=1,51-1,52 \text{ g/cm}^3$, ъгъл на естествен откос в сухо състояние $\phi=27,0^\circ$, под вода – $\phi=21,0^\circ$.

Анализ и оценка на инженерногеоложките условия на участъците

Инженерногеоложки участък I – плато

Участъкът включва остатъците от платовидната плиоценска заравнена повърхност (ПЗП), която се намира на абсолютна височина 210-250 m (фиг. 1, фототаблици I.1, I.2, II.1, II.2 и II.3). В сегашния си вид платото е разкъсано от р. Батова и нейните притоци.

Участъкът е изграден от Пластове 1 и 2 на Карвунската свита, под които е разположен Пласт 3 на Тополската свита (фиг. 2 и фиг. 3).

В участъка се предвижда изграждане на жилищни сгради и инфраструктурни съоръжения, чието фундаране ще се извърши предимно във варовитите материали на Пласт 1, който представлява здрава земна основа с модул на обща деформация $E_0=35,0-50,0$ МПа и изчислително натоварване $R_0=0,5$ МПа.

Нивото на подземната вода е между 5,0 и 15,0 m, като по-високото водно ниво е оформено върху глинестите прослойки на Карвунската свита, а по-ниското – върху основния водоупор – глините на Тополската свита (Евстатиев и др., 2008ф^{***}). Водоносният хоризонт се дренира в редица извори по склона. Подземните води, които се подхранват от валежите, не създават проблеми за строителството, но не бива да се допуска повишаване на тяхното ниво, тъй като това може да повлияе на устойчивостта на склона под платото.

Сградите и съоръженията трябва да бъдат разположени на разстояние повече от 10-15 m от скалния венец поради опасност от срутвания. При по-тежки съоръжения трябва да се направи проучване за наличие на евентуални карстови празнини.

Инженерногеоложки участък II – склонове на долината

В този участък се включват склоновете на р. Батова, на Голямата река и техните притоци (фототаблици I.1 и I.2, фототаблици II.1 и II.2). Участъкът обхваща терен с надморска височина от 210 до 30-40 m по десния склон и от 210 до 10-20 m – по левия (фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3). Склоновете са най-стръмни непосредствено под скалния венец (фототаблица I.3), след което стават по-полегати, като по тях се наблюдават стари морски тераси – вж. гл. Геоморфология и произход на долината.

В горната си част склоновете са изградени от арагонитните седименти на Тополската свита (Пластове 3, 4, 5), а в долната – от диатомейните глини на Евксиноградската свита (Пластове 6а и 6б). Често изброените пластове са покрити с делувиялни прахови глини (Пласт 7), чиято дебелина достига до 8 m. Физичните и механични показатели на пластове са дадени на таблица 1.

Свлачищата по десния склон между селата Кранево и Рогачево са изследвани с помощта на сондажи, лабораторни изпитвания и анализи на устойчивост (Евстатиев и др., 2006ф^{*}, 2007ф^{**}, 2007ф^{***}, 2008ф^{****}; Евстатиев и др., 2010). От бившата Противосвлачищна станция във Варна са извършени сондажни проучвания на свлачището в северния край на Курорта „Албена“. В останалите части на участъка информацията за свлачищата е получена от картировки.

Свлачищата се намират в рамките на големи циркуси или имат отделни изяви по склона (фиг. 1, фиг. 3). По десния склон главният свлачищен отстъп преминава по ръба на платото, като под него се наблюдават и по-ниски отстъпи (фототаблица I.3).

Основната свлачищна повърхност обикновено има форма на обърната парабола, като отначало пресича арагонитните глини (Пласт 3), а след това преминава по повърхността на диатомейните глини на Пласт 6 (фиг. 2 и фиг. 3).

Освен от геоложките условия възникването на свлачищата се влияе силно и от хидрогеоложките особености. Водоносните хоризонти се дренират в склона главно между коти 200-157 m, които са контакти между свитите. Този интервал е засегнат най-силно от свлачища, чиято хлъзгавостна повърхност по-надолу по склона преминава по повърхността на Евксиноградската свита.

По десния склон на р. Чалтика водоносният хоризонт в склона е на дълбочина 8,0-13,0 m. Той е с проводимост $T=0,5-0,8$ m²/d и коефициент на фил-

трация на пласта – $k_f=0,15 - 0,20$ m/d. Подхранва се от валежите и се дренира в ниската тераса $T_{2-5\text{ m}}$.

По-голямата част от свлачищата се отнасят към категорията „стари условно стабилизирани свлачища“. Те могат да се активизират по техногенни причини, например свлачището под големия завой на пътя южно от с. Кранево, което възникна през 1971 г. поради авария на етернитовия водопровод за водоснабдяване на курорта „Златни пясъци“ (Стойков, 1979; Евстатиев и др., 2010). В по-редки случаи свлачищата подновяват активността си при екстремни климатични условия. Това се е случило със свлачището в северната част на курорта „Албена“, станало след обилни валежи през 1980 г. Свлачищата могат да се активизират и при големи земетресения, какъвто е случаят в съседната местност „Момчилски рид“, за което стана дума по-горе.

Според анализите на устойчивост и в други участъци склоновете със стари свлачища могат да загубят своята устойчивост при повдигане на нивото на подземната вода не само при наличие, но и при отсъствие на земетръсни въздействия (Евстатиев и Петрова, 2006; Евстатиев и др., 2010), което прави много ефективни водозащитните мерки (вертикална планировка, повърхностни линейни дренажи, дренажни шахти с голям диаметър и хоризонтални дренажни сондажи). Например шахтата с голям диаметър, изградена в северната част на курорта „Албена“, помогна да се спре възникналото тук свлачище през 1980 г.

Инженерногеоложки участък III – плейстоценски тераси

Участъкът обхваща средно и късноплейстоценските тераси в централната част на долината (фиг. 1, фототаблица I.1). Теренът е с надморска височина от 70 до 5-10 m. За този участък геоложките условия са благоприятни – не съществува опасност от проява на свлачищни процеси. Терасите са врзани в седиментите на Евксиноградската свита (Пласт 6б), а върху размивната повърхност са отложени Пластове 8г, 8в и 8а с обща дебелина от 1 до 5 m (фиг. 4). Алувиите са покрит от делувиялен шлейф с дебелина до 7 m. Нивото на подземната вода е на дълбочина от 5-7 до 9-11 m.

В момента теренът представлява земеделски ниви, но съществува вероятност в него да бъдат построени жилищни сгради и инфраструктурни съоръжения. В северната част на участъка фундирането ще се осъществи в Пласт 7 или 8а при модул на обща деформация $E_0=22,0$ МПа и изчислително натоварване $R_0=0,20$ МПа, а в южната – в Пластове 8в и 8г при $E_0=28,0-37,0$ МПа и $R_0=0,20-0,30$ МПа.

Инженерногеоложки участък IV

Обхваща ниския терен около реките (заливните холоценски тераси), лагуната „Балтата“, пясъчната коса и съвременната плажна ивица.

Инженерногеоложки подучастък IVа – холоценски ниски тераси

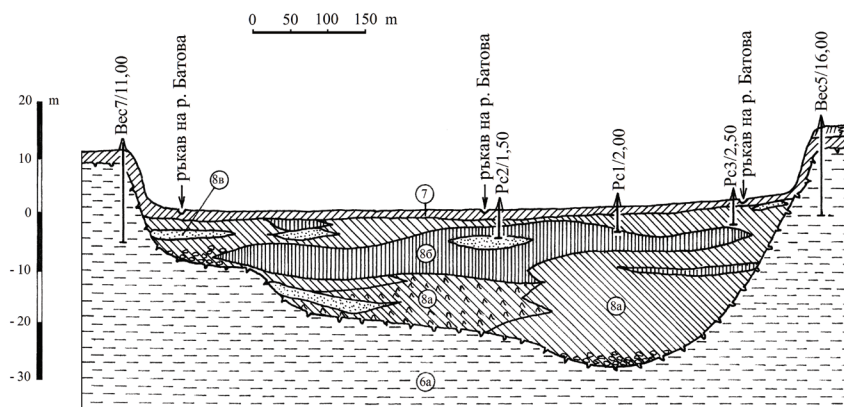
Това са ниските заливни тераси на р. Чалтика, Голямата река и р. Батова (фиг. 1, фототаблица II.2 и II.3). Тук над Евксиноградската свита (Пласт 6а) залягат Пластове 8г, 8в, 8а и 7 с обща дебелина от 6 до 10 m. Водното ниво е на дълбочина от повърхността 1,5-2,0 m. Делувиялните глини на Пласт 7 са тънки (1,0-1,5 m) и при фундирането на сгради и съоръжения ще бъдат преминати.

Фундирането в този участък ще се изпълни главно в алувиалните глини (Пласт 8а), които са в среднопластична, по-рядко в мекопластична консистенция, при $R_0=0,12$ МПа и $E_0=5,0-7,0$ МПа. В участък I неблагоприятни условия предлагат водонаситените пясъци (Пласт 8в). Изчислителното натоварване на тези пясъци е $R_0=0,10$ МПа, а на залягащите чакъли под тях – $R_0=0,20 - 0,30$ МПа.

Инженерногеоложки подучастък IVб – Батовски лиман и местността „Балтата“

Батовският лиман обхваща приустиевата удавена долина на р. Батова и Голямата река, с площ 7 km² (фототаблица II.2 и II.3). Той е вдаден дълбоко в сушата (фиг. 1). Цокълът на долината е на около 30 m под съвременното речно русло.

Река Батова се влива в лимана с три ръкава, които се разливат във вид на блата и мочурища. Представеният профил на фиг. 5 е по данни на Попов и Мишев (1974) и проведени напоследък сондажни проучвания.



Фиг. 5. Напречен инженерногеоложки профил III-III през участък IVб (по Попов и Мишев, 1974): 6а – диатомейни глини на Евксиноградската свита (evN_{I}^{kg-s}); 7 – прахови глини, делувий; 8а – алувиални пясъчливи глини, на места с мидени черупки или чакълни късове; 8б – тини и торф

Fig. 5. Transverse engineering geological profile III-III across zone IVb (according to Popov and Mishev, 1974): 6a – diatomaceous clays of the Euxinograd Formation (evN_{I}^{kg-s}); 7 – silty clays, delluvium; 8a – alluvial sandy clays, with mussel shells or gravel clasts; 8b – ooze and peat

Удавената долина е запълнена главно от пясъчливи глини, в основата с чакълни късове и прослойки с мидени черупки (Пласт 8а). В горната част сред глините до дълбочина 15 m се проследяват торфени слоеве с тини (Пласт 8б), както и лещи от среднозърнест или глинест пясък (Пласт 8в). През 1962 г. лиманът е обявен за резерват и в обсега му е забранено да се извършва строителство. При изграждането на инженерни съоръжения, които са свързани със защитата на резервата, следва да се ползват физичните и механични показатели за Пласт 8б, изграден от торф и тини, които са неконсолидирани, в течна консистенция и са силно слегваеми.

Инженерногеоложки подучастък IVв – пясъчна коса с плажна ивица

Лиманът е отделен от морето с пясъчна коса с ширина до 180 m, която към морето преминава в плажна ивица. Последната продължава по брега на север и на юг от лимана. Строителството по плажната ивица също е забранено, но се изграждат временни сгради и инженерни съоръжения, свързани с инфраструктурата на курортните комплекси. Зърнометричният състав и показателите на пясъците от плажната ивица са представени в описанието за Пласт 9. За тях допустимото натоварване е $R_0=0,20-0,25$ МПа.

Заклучение

Обобщени са наличните данни и са извършени нови проучвания и изследвания на приморската част на долината на р. Батова, от които е установено следното:

1. Проучваната част от долината е врязана в плиоценска заравнена повърхност и е формирана през късния плиоцен и кватернера под действие на

речната ерозия и морската абразия при непрекъснатото издигане на сушата. По време на морските трансгресии тя е била залив, чиито граници се маркират от плейстоценски морски тераси. Нейната приустиева част през холоцена е представлявала удавена долина (т.нар. Батовски лиман), запълнена с алувиално-блатни отложения и отделена от морето с пясъчна коса.

2. Долината е врязана в неогенски (сарматски) седименти, покрити с кватернерни отложения. Най-отдолу са разположени диатомейните глини на Евксиноградската свита, над които залягат арагонитните наслаги на Тополската свита, покрити от варовитите материали на Карвунската свита, които изграждат плиоценската заравнена повърхност.

3. Долината попада в източния склон на Северобългарския свод, в който тектонските движения от неогена насам са предимно вертикални и позитивни и не са съпроводени с големи разломвания. Сеизмичността е с прогнозна интензивност от IX степен по MSK и $K_c=0,27$.

4. Въз основа на геоморфоложките и строителни условия е направено инженерногеоложко райониране. Долината е разделена на 4 участъка, в които са разграничени 9 инженерногеоложки пласта, на които са определени физичните и механични характеристики.

5. Участък I включва остатъците от платовидната плиоценска заравнена повърхност и е изграден от варовитите седименти на Карвунската свита. Участъкът предлага здрава земна основа с модул на обща деформация $E_0=35-50$ МПа и изчислително натоварване $R_0=0,5$ МПа. Съществува опасност от срутвания в края на платата и от обрушване на евентуални карстови форми.

6. Участък II обхваща склоновете на долината, по които съществуват стари условно стабилизирани свлачища – обект на изследване в една предишна публикация. Свлачищата могат да се активизират при повдигане на нивото на подземните води и под въздействието на земетресенията.

7. Участък III включва плейстоценските тераси, развити предимно в дясната част на долината. Терасите са изградени от пясъчливи глини, пясъци и чакъли. Те са покрити от делувиялни глини с дебелина до 7 m. Нивото на подземната вода е на дълбочина от 5-7 до 9-11 m. Земната основа има $E_0=22,0-37,0$ МПа и $R_0=0,2-0,3$ МПа.

8. Към Участък IV се отнасят холоценските тераси, Батовския лиман с блатистата местност „Балтата”, пясъчната коса, която отделя лимана от морето и съвременния плаж. Голяма част от земната основа на лимана е изградена от слаби водонаситени почви (тини, торф и дребнозърнести пясъци), които имат ниска носеща способност, висока слегдаемост ($E_0<5,0$ МПа) и не са пригодни за строителство без специални инженерни мероприятия. Освен това водонаситените пясъци от лимана и пясъчната коса са податливи на втечняване при земетръсни въздействия.

Литература

- Боков, П., Г. Георгиев, И. Монахов и др., 1987. – В: *Геоложки предпоставки за нефтегазоносността на Североизточна България*. С., Техника, 332 с.
- Гашаров, С., А. Месхетели, В. Спасов. 1993. Субмаринно дрениране на подземни води в Севернобългарския черноморски шelf. – *Инженерна геология и хидрогеология*, 23, 35-44.
- Евлогиев, Й. 2009. Плиоценска повърхност и високи кватернерни тераси в долината на р. Батова. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 70, 1-3 (под печат).
- Евстатиев, Д., В. Петрова. 2006. Върху влиянието на нивото на подземните води за активизиране на свлачищата. – В: *Трудове на конференция на, Д-во на геод. в България и БГД*, 269-272.
- Евстатиев, Д., Г. Манов. 1988. *Инженерногеоложка характеристика на долината на Варненските езера*. БАН, 122 с.
- Евстатиев, Д., Й. Евлогиев, Д. Карастанев, Кр. Стойкова. 2010. Свлачищата в долината на р. Батова между селата Кранево и Рогачево (Северно Черноморие).

- рие). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 71, 1-3, (под печат).
- Илиев, Ил. 1973. Влияние на земетресенията върху възникването и активизирането на свлачищата по Добруджанското Черноморско крайбрежие. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 34, 1, 75-85.
- Илиев-Бручев, Ил. (ред.), Г. Франгов, Н. Добрев, П. Иванов, Д. Евстатиев, А. Божинова, Д. Карастанев, К. Тодоров, Р. Ангелов, Ю. Карагюлева, П. Петров, Г. Алексиев, Ч. Младенов, Б. Манчев, Д. Бойков, П. Мечкарски. 1994. *Карта на геоложката опасност на България. М 1: 500 000 и обяснителен текст*. ВТС, Троян, и БАН, С.
- Каменов, Б., А. Демирев, В. Вутков, Ст. Цветков, Е. Аврамова, И. Илиев, Г. Симеонова, Л. Илиева, Г. Милев. 1972. Свлачищата по балчишкото черноморско крайбрежие. – *Изв. Геол. инст. БАН, сер. Инж. геол. и хидрогеол.*, 19, 5-31.
- Колева-Рекалова, Е. 1997. Седиментоложка характеристика на сарматските скали в Балчишко, Североизточна България. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 58, 1, 31-42.
- Колева-Рекалова, Е. 1998. Условия на образуване на сарматските седиментни скали от Балчишко, Североизточна България. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 59, 1, 69-74.
- Колева-Рекалова, Е., Н. Добрев, П. Иванов, А. Божинова. 1999. Седиментоложки и инженерногеоложки изследвания на сарматски глини от Балчишкия свлачищен район. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 60, 1-3, 103-108.
- Мандев, П., И. Начев (ред.). 1981. *Геология и нефтогазоносност на Североизточна България*. С., Техника, 134 с.
- Министерство на регионалното развитие и благоустройството. 1997. *Норми за проектиране на плоско фундиране*. АБС Техника, 69 с.
- Министерство на регионалното развитие и благоустройството. 2002. *Наредба № 12 за проектиране на геозащитни строежи, сгради и съоръжения в свлачищни райони*. Бюлетин за строителство и архитектура, февруари, брой 2, 68 с.
- Попов, Вл., К. Мишев. 1974. *Геоморфология на Българското Черноморско крайбрежие и шелф*. БАН, 267 с.
- Попов, Н., М. Станчева, С. Даракчиева. 1986. Опорни профили на неогена от Североизточна България. – *Палеонт., стратиг. и литол.*, 23, 25-45.
- Попов, Н., Е. Коюмджиева. 1987. Миоценът в Североизточна България (литостратиграфска подялба и геоложко развитие). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 48, 3, 15-33.
- Рангелов, Б., Е. Спасов, Н. Доцев. 1983. Цунамиопасност за Българското черноморско крайбрежие. – *Бълг. геоф. списание*, 11, 4, 66-73.
- Стойков, Д. 1979. *Свлачищата в района на курортните комплекси край Варна*. Дисертация, София, Народна библиотека "Св.св. Кирил и Методий" 1980/Д654, 244 с.
- Христосков, Л., В.Търкова-Заимова. 1979. Възможна цунамогенност на земетръсни огнища в нашето Черноморско крайбрежие. – *Бълг. геоф.списание*, 5, 4, 98-99.
- Чешитев, Г., В. Миланова, Н. Попов, Е. Коюмджиева. 1992. *Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Варна и курорт "Златни пясъци" с обяснителна записка*. ВТС, Троян.
- Чешитев, Г., Ц. Чонтова, Н. Попов, Е. Коюмджиева. 1991. *Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Балчик и Шабла с обяснителна записка*. ВТС, Троян.
- Braithwaite, C. J. R. 2005. *Carbonate sediments and rocks. A manual for Earth scientists and engineers*. Whittles Publishing, Orsa Press, 164 p.
- Evstatiev, D., V. Rizzo. 1984. Sull'origine ed evoluzione delle frane nella zona di Balcik, sul Mar Nero (Bulgaria). *Geologia Applicata and Idrologia*, XIX, 289-305.
- Koleva-Rekalova, E. 1994. Sarmatian aragonite sediments in North-Eastern Bulgaria – origin and diagenesis. – *Geologica Balc.*, 24, 5, 47-64.

Постъпила: 11.08.2010

Received: 11 August 2010

Приета за печат: 22.10.2010

Accepted: 22 October 2010