

O BUDOWIE STREFY OSIADANIA ZAPADOWEGO, CZYLI DOSIADANIA FORMACJI LESSOWEJ

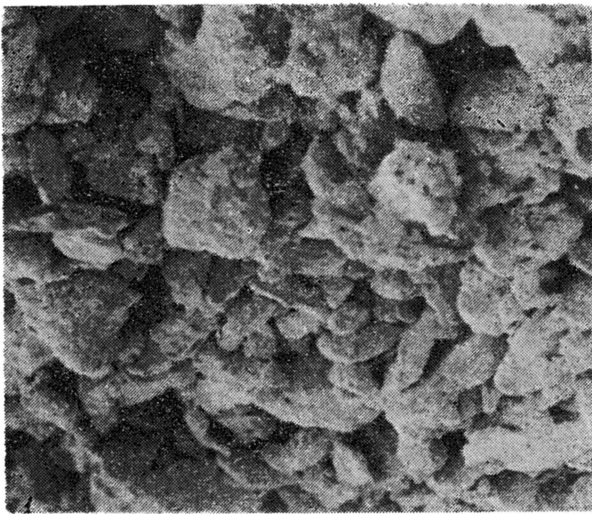
UKD 624.131.23:624.131.542 + 624.131.526

Strefa dosiadanania* jest główną częścią w pionowym przekroju formacji lessowej. Stanowi ona część środkową tego przekroju. Pod nią i nad nią występują strefy: górna i dolna, zbudowane z nie dosiadających utworów lessowatych. Strefę dosiadanania traktuje się zwykle jako homogeniczną, powołując się na jej budowę i własności tworzących ją utworów. Poglądy te znalazły swoje odbicie w obowiązujących w Bułgarii normach (SN i PII-15—74), w których przyjmuje się jako model strefy dosiadanania środowisko izotropowe, sprężyste, odkształcające się liniowo. Strop strefy dosiadanania znajduje się w wa-

runkach naturalnych na głębokości, na której naprężenia pionowe wywołane ciężarem nadkładu równe są początkowemu ciśnieniu dosiadanania. Strop ten występuje najczęściej w górnej części würmskiego poziomu lessowego. Strefa dosiadanania obejmuje oprócz górnej części würmskiego poziomu lessowego, podścielający go pierwszy kompleks gleby kopalnej, a także drugi, trzeci i czwarty poziom lessowy ze związanymi z nimi kopalnymi kompleksami glebowymi. Naprężenia wywołane ciężarem nadkładu zmieniają się od minimalnych w stropie strefy dosiadanania do maksymalnych w jej spągu. Względne dosiadananie zmienia się nieproporcjonalnie do zmian wzrostu obciążenia nadkładem (naprężeń) w masywie.

Utwory dosiadających poziomów lessowych mają najbardziej charakterystyczne cechy systemów strukturalno-niestatecznych (1). Z zasady są to pyły piaszczyste, luźne, nie nasyczone wodą, o dużej przepuszczalności. Współczynnik filtracji w ciągu pierwszych dwóch dni w początku nawilżania jest współmierny z prędkością przesuwania się frontu potoku filtracji, która z biegiem czasu ustawicznie maleje, ciężar objętościowy (gęstość objętościowa) utworów w czasie przejścia potoku filtracyjnego wzrasta, stan naprężeń w masywie przechodzi w nowe stadium i zaczyna się dosiadananie.

* W oryginale pisze się o strojeniu prosadocznój zony. W języku rosyjskim wyróżnia się 3 rodzaje zmniejszania objętości gruntów: osadka (pod wpływem obciążenia), usadka (wskutek utraty wody), prosadka (wskutek nasycenia wodą). W języku polskim terminom tym odpowiadają kolejno: osiadananie = osadka, skurcz = usadka i osiadananie zapadowe czyli dosiadananie = prosadka. Ze względu na to, iż zmniejszanie objętości pod wpływem nasycenia gruntu wodą nie zawsze ma charakter zapadania a posługiwanie się nazwą złożoną z 2 wyrazów jest niewygodne — mimo że w obowiązującej PN-74/B-02480 pisze się o wskaźniku osiadanania zapadowego — w tłumaczeniu użyto terminu dosiadananie jako odpowiednika jednoznacznego dla rosyjskiego prosadka. Jeśli bowiem pod danym obciążeniem grunt już osiadł przed nasyceniem gruntu wodą, to wskutek nasycenia wodą, będąc stale pod tym samym obciążeniem — bez jego zwiększenia — grunt osiada w dalszym ciągu, czyli dosiada (przypr. tłumacza).



Ryc. 1. Budowa gruntów dosiadających i nie dosiadających (powiększenie 300).

Próbka dosiadająca 1 — 3583 i próbka niedosiadająca 2 — 3564.

Skały trzeciego poziomu lessowego w wyniku dużej zawartości węglanów nie dosiadają pod naturalnym obciążeniem nadkładu. Nie dosiadające pod naturalnym obciążeniem są także skały kopalnych poziomów glebowych. Poziomy te tworzą ciężkie pylaste gliny piaszczyste, a czasami ily; cechuje je zwiększona pojemność wodna. Prędkość strumienia filtrującej wody jest w tych poziomach mniejsza. Przy większej miąższości poziomu woda rozplywa się w dużych objętościach masywu. Ciężar objętościowy skał przy przepływie wody wzrasta w przybliżeniu o 15% i więcej, w stosunku do ciężaru objętościowego lessu nie nasyconego wodą. Własności skał iluwialnych poziomów kopalnych kompleksów glebowych i stref uwapnienia uwarunkowane są cementacją węglanową. Skały kopalnych kompleksów glebowych są w jeszcze większym stopniu zwietrzałe, zagęszczone, a w najstarszych poziomach (poza strefą dosiadania) — przekonsolidowane i pęczniejące. Skały te, mimo że występują w strefie dosiadania, są nie dosiadające (4) ryc. 1.

Pionowy profil strefy dosiadania, dla trzech charakterystycznych przypadków, przedstawiono na ryc. 2. Pierwszy z nich zawiera górną warstwę dosiadającą, o miąższości 10 m. Pod nią występuje drumetrowa warstwa nie dosiadająca; głębiej leżą dosiadające skały, występujące w 2 poziomach rozdzielonych od siebie nie dosiadającą warstwą o dużej miąższości (ryc. 2A). W drugim przypadku liczba części dosiadających wynosi także 3 (ryc. 2A'). Jednak ich wymiary w pionowym profilu są inne. Strefa odkształceń gruntu pod fundamentem obejmuje również część warstwy nie dosiadającej, a wielkość względnego dosiadania zmienia się. W trzecim przypadku (ryc. 2A'') miąższości warstw dosiadających i nie dosiadających są prawie jednakowe. Czasami elementy nie dosiadające wykazują większą miąższość. W tym przypadku podłoże, z uwagi na swoją budowę, różni się istotnie od podłoża w pierwszych dwóch przypadkach (ryc. 2B''). Strefa dosiadania nie jest jednak homogeniczna. Jest ona wielowarstwowa i zawiera w profilu pionowym przewarstwienia nie dosiadające przy naturalnym obciążeniu nadkładu gruntów, o miąższości od 2 do 5 cm.

Front strumienia filtracji, przemieszczający się poprzez strefę dosiadania wyznacza powierzchnia przemieszczająca się w czasie i rozdzielająca nasycone wodą skały od skał nie nasyconych, o naturalnej wilgotności i strukturze. Ta falista powierzchnia, niezależnie od naturalnej niejednorodności strefy powoduje powstanie dwuwarstwowego środowiska. Skały tych dwóch warstw cechują różne własności fizyczne, deformacyjne i wytrzymałościowe (tab.). Istnienie między tymi warstwami granicznego pasa o

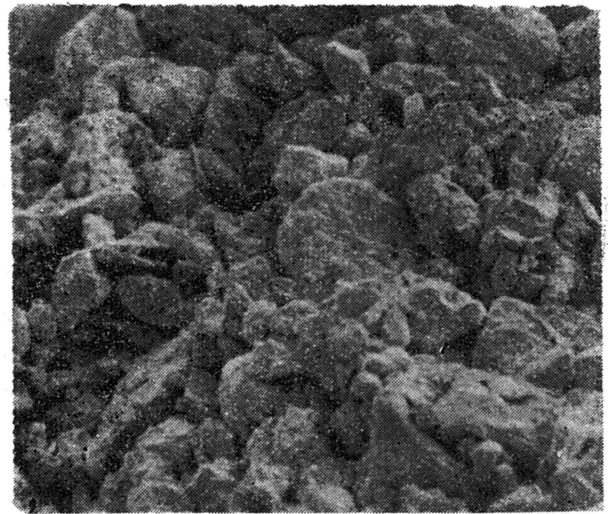


Fig. 1. Structure of subsiding (1) and non-subsiding (2) soil; 300 X.

Laboratory numbers for 1 — 3583 and for 2 — 3564.

niewielkiej miąższości warunkuje występowanie związków między nimi. Pas ten ograniczają jakby zębate powierzchnie związane ze sobą, lecz pozbawione możliwości łączenia się. Miąższość górnej części dwuwarstwowego ośrodka ustawicznie się zwiększa, a dolnej maleje. Gdy front filtrującej wody przekracza spąg strefy dosiadania, utworzona przez niego dwuwarstwowość znika. Budowa strefy dosiadania staje się analogiczna do budowy przed dosiadaniami, cechuje ją jednak większa wilgotność i zagęszczenie, a wytrzymałościowe i odkształceniowe własności skał obniżają się (tab.).

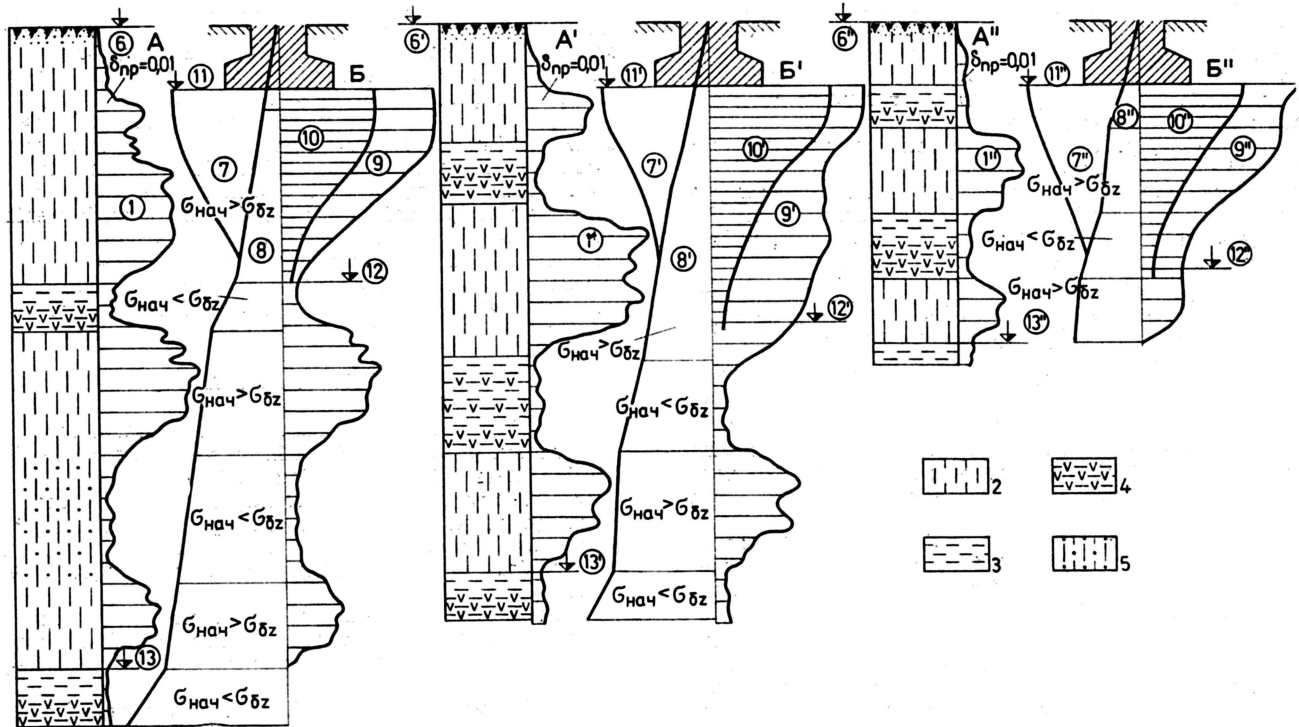
Równolegle z przemieszczaniem wody postępuje główna deformacja, która dla skał dosiadających ujawnia się częściowo w dosiadanii, dla warstw nie dosiadających zaś — w osiadaniu. Nasycanie wodą strefy dosiadania nie następuje natychmiast w całej warstwie. Dlatego nieprawdziwy jest pogląd, że normalne naprężenia pionowe, od których istotnie zależy względne dosiadanie, występują w środowisku jednorodnym, izotropowym, odkształcającym się liniowo.

Przy przejściu frontu strugi filtracyjnej przez określony punkt w dosiadającej strefie powstaje możliwość koncentracji naprężeń na rozdzielającej powierzchni. Wzrost naprężeń pionowych zwiększa możliwość powstania dosiadania. W miarę przemieszczania frontu strugi filtracyjnej naprężenie w skałach warstw znajdujących się nad frontem nieco się zmniejsza. Jednak w wyniku przeważającego (do 90% dosiadających i 70% nie dosiadających) występowania odkształceń rezydualnych osiągnięte zagęszczenie warstw nie może się zmienić.

Warstwy nie dosiadające oddziałują w nasyconej wodą strefie dosiadania jak dodatkowe obciążenie na niżej położone partie dosiadającego lessu o bardzo labilnej strukturze. Poziomy iluwialne, o miąższości ponad 0,50 m, mogłyby zapewne przemawiać i przekazywać obciążenie w pewnym stopniu analogicznie do fundamentów, położonych w takiej liczbie poziomów, jaka odpowiada liczbie nie dosiadających warstw gruntu. W przypadku niedostatecznej wyraźnej wykształconych poziomów iluwialnych, obciążenie gruntami dosiadającymi jest analogiczne do obciążenia nasypem ziemnym.

Maksymalne dosiadanie względne występuje bezpośrednio pod spagiem elementów nie dosiadających. W miarę zagłębiania względne dosiadanie każdej z dosiadającej warstwy całej strefy po kilku wahanach zmniejsza się i najczęściej osiąga wartość minimalną w najniższych warstwach tej strefy (ryc. 2). Występujące tu naprężenia, z reguły są mniejsze od naprężeń spowodowanych początkowym ciśnieniem dosiadania. Początkowe ciśnienie dosiadania jest wielkością pulsującą z głębokością, tak jak wszystkie

Parametr	Przed odfektalaniem warstw		W procesie odfektalania warstw		Po odfektalaniu warstw	
	dosia- dajacych	nie dosia- dajacych	dosia- dajacych	nie dosia- dajacych	dosia- dajacych	nie dosia- dajacych
Ciężar objętościowy (kG/cm ³)	1,54—1,63	1,68—1,85	1,75—1,85	1,80—2,10	1,68—1,78	1,79—2,09
Spójność (kG/cm ²)	0,15—0,26	0,19—0,31	0,03—0,31	0,17—0,24	0,11—0,14	0,18—0,25
Kąt tarcia wewnętrzznego (φ°)	20—24	19—25	18—19	16—18	19—21	17—19
Moduł odfektalania (kG/cm ³)	100—250	150—270	10—25	100—120	50—80	120—150



Ryc. 2. Strefa dosiadania i strefa odfektalania w podłożu fundamentowym w lessowym masywie o warunkach gruntowych drugiego typu.

A, A', A'' — profil strefy dosiadania w różniących się budową częściach formacji lessowej; 1, 1', 1'' — wykres względnego dosiadania pod ciężarem nadkładu tylko na skutek nawilgacania gruntu; 2 — grunt dosiadający; 3 — nie dosiadający grunt ilasty (poziom eluwialny); 4 — nie dosiadający grunt wapienisty (poziom iluwialny); 5 — nie dosiadający grunt piaszczysty; 6, 6', 6'' — rzędna naturalnej i projektowanej powierzchni terenu.

B, B', B'' — fundamenty; 7, 7', 7'' — wykres pionowych naprężeń ściskających, wywołanych obciążeniami fundamentem; 8, 8', 8'' — wykres naprężeń pionowych wywołanych ciężarem nadkładu zawilgoconego gruntu; 9, 9', 9'' — względne dosiadanie pod łącznym obciążeniem i fundamentem i nadkładem przy nasyceniu wodą podłoża po wzniesieniu budowli; 10, 10', 10'' — względne dosiadanie przy poprzedzającym posadowianiu nasyceniu i dosiadaniu podłoża pod ciężarem nadkładu; 11, 11', 11'' — rzędna podłoża fundamentu; 12, 12', 12'' — miąższość strefy odfektalania podłoża budowli; 13, 13', 13'' — miąższość strefy dosiadania.

Fig. 2. Subsiding zone and deformable thickness of the loess foundation soil basis from the IIInd type of subsiding.

A, A', A'' — vertical section of the subsiding zone in different by structure parts of the loess formation; 1, 1', 1'' — diagram of the relative subsiding by natural load under the influence of moistening; 2 — subsiding soil; 3 — nonsubsiding clay soil (eluvial horizon — residual soil); 4 — nonsubsiding carbonitized soil; 5 — nonsubsiding sand soil; 6, 6', 6'' — elevation of the terrain.

B, B', B'' — foundations; 7, 7', 7'' — diagram of vertical compressive stresses in the depth of the mass caused by the load, transmitted by the foundation; 8, 8', 8'' — diagram of the vertical compressive stresses in the depth of the mass, caused by the weight of the moistened soil; 9, 9', 9'' — the relative subsidence of the load transmitted by the foundation and the weight of the soil under moistening of the foundation soil after the erection of the engineering construction; 10, 10', 10'' — relative subsidence of the foundation soil under natural soil; 11, 11', 11'' — foundation elevation; 12, 12', 12'' — thickness of the deformable zone of the foundation soil by the engineering construction; 13, 13', 13'' — thickness of the subsiding zone.

pozostałe wielkości własności gruntu (3). Jest to uwarunkowane genezą gruntów. Następstwo poziomów lessowych i kopalnych kompleksów glebowych, a przede wszystkim budowa gruntów, określają wielkość początkowego ciśnienia dosiadania, w różnych punktach pionowego profilu strefy.

Dosiadanie silnie zmienia naturalną strukturę lessu (3), którego stan zaczyna być podobny do masy gruntowej. Jego wilgotność jest znacznie większa, niż optymalna niezbędna do maksymalnego zagęszczenia, a także większa niż granica płynności; jednak skały nie przechodzą ani w stan maksymalnego zagęszczenia, ani w stan płynny. Tłumaczy się to istnieniem wiązań krystalizacyjnych, cementacyjnych i innych wiązań wodoodpornych, które nie ulegają zniszczeniu pod wpływem powstałego w normalnych warunkach budowlanych — naprężenia w nawilgo-

conych skałach. Udział tych wiązań jest najwyższy (do 60%) w warstwach wapienistych i zagęszczonych. Zatem, w całej objętości nasyczonej wodą strefy dosiadającej można je uważać za elementy stabilizujące. Po zakończeniu dosiadania wilgotność gruntu zmniejsza się stopniowo, a skały tworzą nową strukturę; liczba kontaktów między cząstkami gruntu wzrasta. Pewna część tych kontaktów staje się cementacyjna. W już dosiadłym lessie przeważają kontakty wodoodporne; wewnętrzne naprężenia w masywie maleją. Powtórne nasycanie wodą masywu, jeśli pierwsze trwało do zakończenia odfektalania, istotnie nie zmienia naprężenia.

Na obszarze występowanie gruntów lessowych drugiego typu dosiadania budowle posadowiać można w różny sposób. Należy zauważyć, że przy przednim nawilgacaniu strefy dosiadania przechodzi ona

właściwie do pierwszego typu dosiadanania. Dosiadananie w odkształcanej strefie podłoża następuje wskutek obciążenia, przekazywanego przez fundamenty lub inne zewnętrzne oddziaływania. Dosiadanania spowodowanego własnym ciężarem gruntu praktycznie nie ma lub też nie przekracza ono 5 cm. Miąższość strefy odkształcenia wynosi najczęściej 1,5—2,0 szerokości fundamentu. Jest to nieznaczna część strefy dosiadanania, w której uprzednio zlikwidowano dosiadananie pod wpływem własnego ciężaru gruntu.

Jeśli nawilgacanie podłoża drugiego typu dosiadanania nastąpi po położeniu fundamentów budowli to: 1 — względne dosiadananie w strefie odkształceń będzie maksymalne w wyniku uprzednio w niej wytworzonego dodatkowego obciążenia; 2 — strefa odkształceń może obejmować w pewnych przypadkach całą strefę dosiadanającą. W wielu przypadkach może to spowodować katastrofę (ryc. 2).

Tak więc, przed przystąpieniem do posadowienia budowli należy obowiązkowo nasycić podłoże fundamentów wodą, o ile profil tego podłoża prezentuje drugi typ dosiadanania, ponieważ w przyszłości możliwe jest nasycenie gruntów tego podłoża wodą wskutek podwyższenia poziomu wód gruntowych, koncentracji pary wodnej pod obszarami zabudowy, oddziaływania ścieków przemysłowych, itp. Należy pamiętać, że takie nawilgocenie może wystąpić w całej strefie zdolnej do dosiadanania.

Stan naprężeń w nawilgoconych, dosiadanających i odkształcających się strefach określić można poprzez rozwiązanie wielu kwazistatycznych zadań, przy różnych położeniach powierzchni granicznej. Konieczne jest, aby położenie tej powierzchni dokładnie odpowiadało naturalnej, anizotropowej budowie strefy i wytrzymałości warstw, a także jakości budujących strefę nawilgoconych gruntów. W ten sposób schemat obliczeniowy przybliżyć można do rzeczywistego, fizycznego stanu gruntów nawilgoconej wielowarstwowej strefy dosiadanania.

Cykliczna powtarzalność warstw w całej formacji lessowej, którą potwierdzają zmiany głównych fizycznych, odkształceniowych i wytrzymałościowych własności gruntów, uwarunkowana jest z natury rzeczy powtarzalnością w rozwoju reżimu litifikacji. Rozwój taki jest skutkiem zmieniających się periodycznie klimatycznych i innych paleogeograficznych warunków, które istotnie wpływają na charakter hipergenezy. Jednak taka budowa formacji lessowej

SUMMARY

The paper deals with results of studies on loesses as foundation soils. The author, a researcher from the Bulgarian Academy of Sciences, carried out several research projects in this field. The results of these studies will be interesting to anyone studying loesses the origin of their properties, the subsidence phenomenon, as well as the problems of loesses as foundation soils. The paper discusses behaviour of the subsidence zone as the main part of the profile of loess formation and of the zones built of non-subsiding loess-like deposits which overlay and underlay the former one.

w ogóle nie jest związana lub tylko pośrednio może być związana z reżimem tektonicznym. Poziome lessowe i kopalne kompleksy glebowe są najmniejszymi jednostkami cyklicznej budowy pylasto-gliniastej serii plejstocenu. Rząd tej cykliczności, zapewne nawet znacznie niższy niż czwarty, jest najprawdopodobniej najniższy, który może być uchwyciony w budowie młodych formacji platformowych. Cykle są pochodzenia atektonicznego i decydujące w ich kształtowaniu są zmiany klimatyczne, zachodzące w krótkim przedziale czasu.

Cykliczność zarówno w rozwoju formacji lessowej, jak i w zmianach własności gruntów, należy rozważać nie jako prostą zmianę w czasie chłodniejszych i cieplejszych okresów lub zmianą środowiska wodnego w powietrzu, lecz szerzej — jako zgodne z naturą rzeczy zmiany reżimu w całości, przy przejściu od fazy do fazy w jednym cyklu (od powstawania lessów do powstawania gleb), z powtarzaniem (choć nie absolutnym) takiej kolejnej zmiany reżimu w nowym cyklu. Strukturalna dyferencjacja, z wyodrębnianiem i uzasadnieniem wydzielania elementów strukturalnych platform w jednym systemie, ma wielkie znaczenie dla współczesnego lessoznawstwa. Rozwiązanie tego problemu jest wkładem gruntoznawstwa w rozwój innych dyscyplin geologicznych.

LITERATURA

1. Stoilow K. G. — Prosadocnost porod lessowej formacji prawobieriezza nizniego Dunaja. Dokl. X Kongriessa KBGA. Bratislava, 1974.
2. Stoilow K. G. — Sostaw, struktura i sostojanie porod lessowej formacji prawobieriezza nizniego Dunaja. Izw. na Geologiceskija Institut, ser. Inženiernaja gieologija i gidrogieologija, 1974, Kn. XXIII.
3. Stoilow K. G. — Textur, Struktur und Strukturverbindungen von Sedimenten der Loessformation. Sp. na Bulgarskoto Gieolożko Drużestwo, 1974, god. XXXV, kn. 3.
4. Stoilow K. G. — Origin of the properties of the loess formation in the Misian Platform. Bull. of the International Association of Engineering Geology, 1975, no. II.

(Przełożył z rosyjskiego W. C. Kowalski)

РЕЗЮМЕ

Статья рассматривает результаты исследований лёсса как строительного основания. Автор статьи — научный работник Болгарской Академии Наук — провёл многочисленные исследования в этой области. Их результаты могут оказаться интересными для научных работников занимающихся лёссами, генезисом их свойств, явлением просадки и геолого-инженерными вопросами основания сооружений на лёссах. Описано поведение зоны просадки как основной части вертикального разреза лёссовой формации, а также выступающей под и над этой формацией зоны сложной осадками близкими к лёссу, но не подвергающимися просадке.