

ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЁССОВЫХ ПОРОД
МЕЖДУРЕЧЬЯ ПРУТ – ДНЕСТР**

Олянский Юрий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, e-mail: olyansk@list.ru

Щекочихина Евгения Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, e-mail: Evg-chek@yandex.ru

Серебряков Олег Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Проблемы лёссовых пород детально проработаны благодаря исследованиям нескольких поколений инженеров-геологов, грунтоведов и строителей, занимающихся проектированием геологоразведочных работ. В настоящее время существует достаточное количество нормативной литературы по подготовке оснований на просадочных породах и общих указаний для проектирования инженерных сооружений. Тем не менее, в научной литературе часто встречается информация о деформациях сооружений, возведенных на лёссовых просадочных породах, даже при том, что их проектирование и строительство осуществлялось строго по требованиям строительной документации, разработанной с учетом действующих регламентов и нормативов. Такие деформации в конце предыдущего столетия имели место в г. Ростов-на-Дону, на Атоммаше (г. Волгодонск), г. Днепропетровске, г. Никополе (Днепропетровская обл.), г. Запорожье, а так же в г. Кишинёве и Бендерах (Молдова). Одной из причин этому является способность лёссовых пород доуплотняться при фильтрации через них воды, что принято называть *послепросадочным уплотнением*. Величина его до недавнего времени интересовала только специалистов, занимающихся проектированием и строительством гидротехнических и мелиоративных сооружений на лёссовых породах. Однако многочисленные проблемы, возникающие с устойчивостью промышленно-гражданских сооружений, диктуют настоятельную необходимость учёта этой составной части, величины общей деформации лёссовых оснований при их замачивании вследствие аварийных утечек или подтопления территории. На основе анализа результатов собственных исследований приведены данные о составе, физико-механических свойствах, просадочности и послепросадочном уплотнении лёссовых пород инженерно-геологических областей и районов территории Молдовы. Для прогноза величины послепросадочного уплотнения рекомендован метод вероятностных аналогий. Составлена карта типологического геоэкологического районирования описываемой территории.

Ключевые слова: лёссовые породы, просадочность, послепросадочное уплотнение, инженерно-геологическое районирование, формула Байеса, вероятностные аналогии.

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF LOESS
ROCKS BETWEEN THE RIVERS PRUT-DNIESTER**

Olyansky Yuri I., D. Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, Volgograd State Technical University, 1 Academicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, e-mail: olyansk@list.ru

Shchekochikhina Evgeniya V., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Volgograd State Technical University, 1 Academicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, e-mail: Evg-chek@yandex.ru

Serebryakov Oleg I., D. Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, Astrakhan State University, 20a Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: geologi2007@yandex.ru

The problems of loess rocks have been worked out in detail, thanks to the research of several generations of geologists, soil scientists and builders involved in the design of exploration works.

Currently, there is a sufficient amount of regulatory literature on the preparation of subsidence rocks and general guidelines for the design of engineering structures. Nevertheless, in the scientific literature there is often information about the deformations of structures erected on loess subsidence rocks, even though their design and construction was carried out strictly according to the requirements of building documentation developed taking into account current regulations and standards. Such deformations at the end of the previous century took place in Rostov-on-Don, Atomash (Volgodonsk), Dnepropetrovsk, Nikopol (Dnepropetrovsk region), Zaporozhye, and also Chisinau and Bender (Moldova). One of the reasons for this is the ability of loess rocks to condense when filtering water through them, which is commonly called post-subsidence compaction. Until recently, its magnitude was of interest only to specialists involved in the design and construction of hydraulic and land reclamation facilities on loess rocks. However, the numerous problems that arise with the sustainability of industrial-civil structures, dictate the urgent need to take into account this component, the magnitude of the general deformation of loess bases when they are soaked due to accidental leaks or flooding of the territory. Based on the analysis of the results of our own research, data on the composition, physico-mechanical properties, subsidence and post-subsidence compaction of loess rocks of engineering-geological regions and regions of the territory of Moldova are given. To predict the magnitude of post-drawdown compaction, the method of probability analogies is recommended. The map of typological geological zoning of the described territory is made.

Keywords: loess rocks, subsidence, post-subsidence compaction, engineering-geological zoning, Bayes formula, probabilistic analogies

Строительство на территории Молдовы осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях. В частности, широкое распространение (до 80 % всей территории) имеют лёссовые просадочные породы различного возраста и происхождения, которые залегают в различных структурно-тектонических, геоморфологических и гидрогеологических обстановках, в условиях активных режимов неотектонических движений земной коры и сейсмичности. Вопросами генезиса, стратиграфии и литологии лёссовых пород в первой половине XIX в. в регионе занимались И. И. Фролов, В. Д. Ласкарёв, В. И. Крокос, В. Р. Выржиковский и др. В 1940–1960-х гг. изучение лёссовых пород связано с именами П. К. Замория, Н. А. Константиновой, Н. В. Ренгартена. В конце 1960-х – начале 70-х гг. детальные исследования стратиграфии лёссовых отложений северо-западного Причерноморья выполнялись М. Ф. Векlichem, К. Н. Негадаевым-Никоновым, Н. А. Сиренко.

Интенсивное развитие промышленности, гражданского и мелиоративного строительства с конца 1960-х гг. повлекли за собой увеличение объемов проектно-изыскательских работ. В изыскательских организациях накапливалась инженерно-геологическая информация по лёссовым породам, её обобщению посвящены работы Г. Е. Костика, А. К. Ларионова, В. С. Гончарова и Ю. И. Олянского. В это время разработаны научные основы прогноза просадочности методом аналогий [5], охарактеризован вещественный состав и свойства лёссовых пород Нижнего Приднестровья [2], установлены закономерности пространственной изменчивости свойств и составлена инженерно-геологическая карта лёссовых пород в масштабе 1 : 500 000 [8]. Необходимо отметить, что исследования носили прикладной характер и были направлены в первую очередь на совершенствование системы изысканий и проектирования на лёссовых породах.

Первые специальные работы, направленные на всестороннее глубокое изучение природы формирования инженерно-геологических свойств лёссовых пород и их изменений при техногенезе, были начаты авторами в конце 1980-х гг. За это время выполнен значительный объем лабораторных исследований с привлечением современного оборудования и нестандартных методик, что позволило существенно расширить представления о предмете, а также пересмотреть некоторые устоявшиеся положения, касающиеся состава и свойств пород, что нашло своё отражение в настоящей статье.

Территория междуречья Прут – Днестр характеризуется физико-географической зональностью (особенно широтной) и связанными с ней климатическими изменениями, наличием менявшихся с различной интенсивностью неотектонических движений и связанных с ними условий накопления мелкозёма, а также особенностями литогенеза, которые привели к различиям в строении, составе и свойствах лёссовых пород

и обусловили разный характер обводнения различных частей региона при их хозяйственном освоении. В широтном плане территория междуречья подразделяется на три крупные части с различной инженерно-геологической обстановкой: северную, центральную и южную. Пространственное зональное положение лёссовых пород, наряду с их генезисом и возрастом, является одним из основных факторов, определяющих инженерно-геологические свойства этих отложений.

В северной и центральной частях междуречья лёссовый покров наиболее молодой и в соответствии с [7] относится к нерасчлененной толще Q_{3-4} . На высоких водоразделах Центрально-Молдавской возвышенности лёссовые породы в основном отсутствуют. В южной части междуречья они покрывают практически все элементы рельефа. Мощность лёссовой толщи увеличивается с севера на юг и в Южном Приднестровье составляет 20–25 м и 30–40 м – в Южном Припрутье. Количество лёссовых горизонтов достигает 8–10. Их литологический состав находится в тесной связи с возрастом, происхождением и условиями залегания, изменяясь от супесей и легких суглинков (горизонты *pts*, *bg*, *ud* по М. Ф. Векличу [1]) до средних и тяжелых суглинков (*dp*, *ts*, *ti*). Стратиграфически расчлененными с различной степенью детальности являются преимущественно отложения покрова террас долин рек Прут Днестр (рис. 1, 2) и лёссовый покров первичных водоразделов юга региона, характеризующихся полным хорошо выраженным разрезом четвертичных отложений.

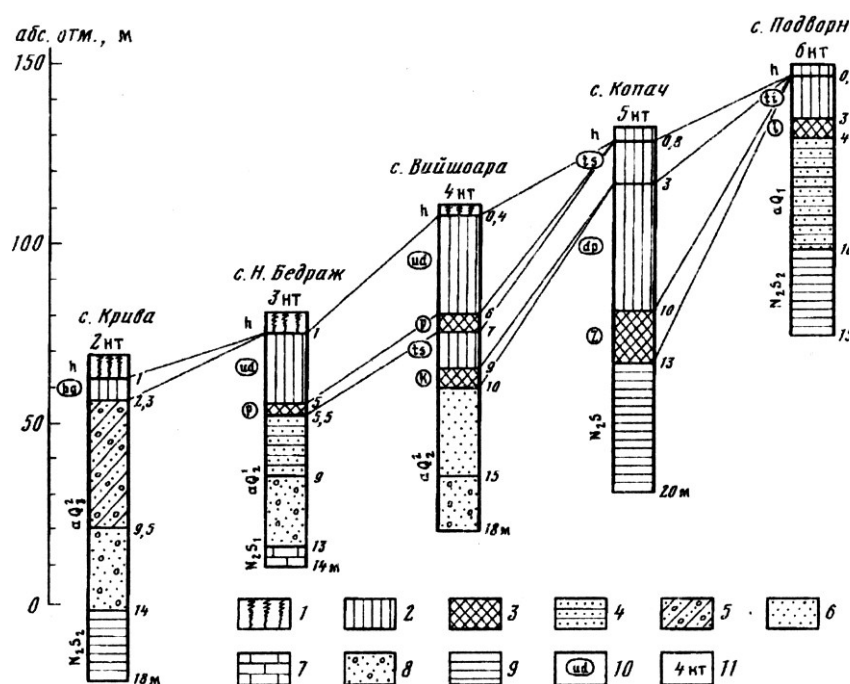


Рис. 1. Схематический геолого-литологический разрез лёссового покрова Среднего Припрутья: 1 – современная почва; 2 – лёссовые породы; 3 – ископаемая почва; 4 – аллювиальная глина; 5 – аллювиальный суглинок; 6 – песок; 7 – известняк; 8 – гравий; 9 – глина; 10 – обозначение горизонтов (по М. Ф. Векличу); 11 – номер террасы

Инженерно-геологическое районирование лёссовых территорий междуречья выполнено в соответствии с методикой В. Т Трофимова [11]. Применена система генетико-морфологического однорядного последовательного районирования. В соответствии с работами Г. А. Голодковской [4] территория междуречья Прут – Днестр относится к двум регионам: А – Русская платформа и Б – Скифская платформа. Дополнительно выделено: по геоморфологическому признаку четыре инженерно-геологические области, по распространению лёссовых пород различных стратиграфо-генетических комплексов – 11 инженерно-геологических районов (рис. 3) [3].

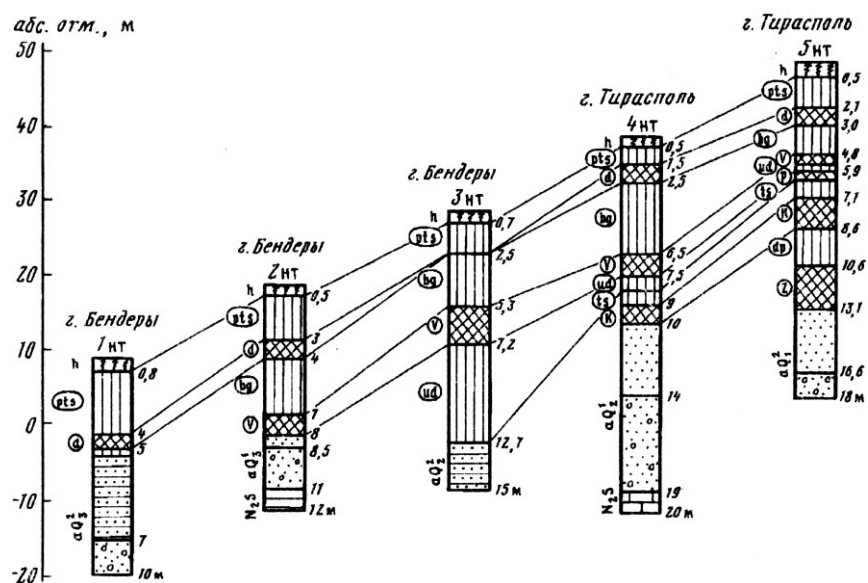


Рис. 2. Схематический геолого-литологический разрез лессового покрова Южного Приднестровья (условные обозначения см. рис. 1)

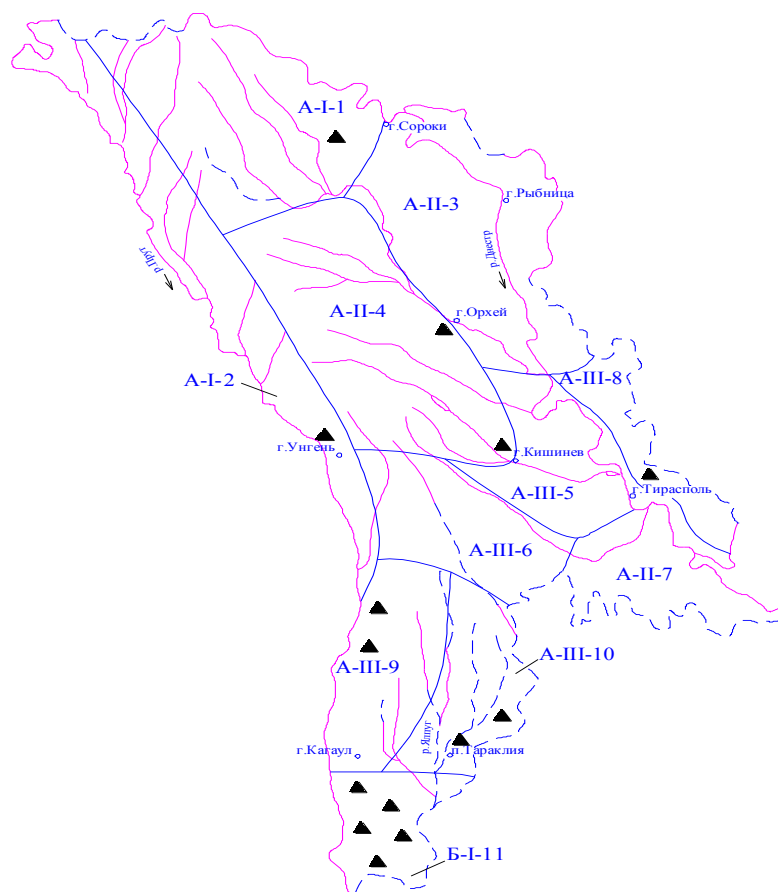


Рис. 3. Карта фактического материала, совмещенная с картой инженерно-геологических районов (масштаб 1 : 500 000): А-I-2 – индекс инженерно-геологического района; ~ – граница инженерно-геологического района

Механический состав и агрегированность. Степень дисперсности лёссовых пород оценивалась по результатам гранулометрических и микроагрегатных анализов в пределах инженерно-геологических областей.

Обобщенные данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что лёссовый покров по степени дисперсности пород весьма неоднородный, это особенно проявляется в микроагрегатном составе и степени дисперсности глинистой фракции. Наиболее агрегированы лёссовые породы Южно-Молдавской лёссовой равнины (Б-I), менее агрегированы лёссовые породы северных областей, что является следствием существующей климатической зональности. Также весьма характерно невысокое содержание пылевой и большое содержание песчаной фракции у лёссовых пород Центральной Молдавской возвышенности (А-II). Последнее находит свое объяснение в преимущественно субаэральном генезисе отложений.

Таблица 1

Вещественный состав лёссовых пород инженерно-геологических областей

Инженерно-геологическая область	Гранулометрический состав, %			Микроагрегатный состав, %			Минеральный состав глинистой фракции, %		
	Песок >0,05 мм	Пыль 0,05–0,005 мм	Глина <0,005 мм	Песок >0,05 мм	Пыль 0,05–0,005 мм	Глина <0,005 мм	Монтмориллонит, %	Гидрослода, %	Прочие, %
А-I	2,37	37,69	59,93	13,48	65,89	20,63	35,50	50,00	14,50
А-II	37,69	27,86	34,56	50,28	37,25	12,47	42,90	41,80	14,40
А-III	32,47	33,32	34,23	33,92	58,16	8,43	49,92	31,17	17,17
Б-I	21,38	36,46	42,21	24,76	70,48	4,01	62,80	24,20	12,60

Таблица 2

Состав воднорастворимых солей и содержание некоторых компонентов засоленности лёссовых пород инженерно-геологических районов

Инженерно-геологический район	Минерализация, г/100 г сух. пор.	Катионы, г/100 г сухой породы			Анионы, г/100 г сухой породы			Карбонатность, %	Аморфный кремнезём, %	Гипс, %
		K ⁺ +Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
А-I-1	0,0900	0,0140	0,0082	0,0056	0,0062	0,0197	0,0501	17,02	0,78	0,060
А-I-2	0,0885	0,0073	0,0074	0,0097	0,0057	0,0011	0,0544	11,19	0,42	0,060
А-II-4	0,1616	0,0105	0,0084	0,0074	0,0116	0,0159	0,0494	6,3044	0,5156	0,150
А-III-8	0,1793	0,0281	0,0036	0,0027	0,0066	0,0088	0,0732	8,8125	–	0,019
А-III-9	0,2751	0,0223	0,0144	0,0085	0,0032	0,0662	0,0543	6,75	0,4675	0,073
А-III-10	0,1283	0,0349	0,0065	0,0035	0,0088	0,0296	0,0683	6,65	0,87	0,092
Б-I-11	0,2496	0,0328	0,0051	0,0126	0,0099	0,0444	0,621	11,3	–	0,045

Минерализация и состав воднорастворимых солей. Химические особенности лёссовых пород изучались и обобщались по результатам химических анализов водных и солянокислых вытяжек в пределах инженерно-геологических районов (табл. 2). Минимальное содержание солей у лёссовых пород Северной Молдавии (А-I). К югу их содержание повышается в среднем в 1,5–3,0 раза, что также свидетельствует

о влиянии климатической зональности и увеличении количества атмосферных осадков с юго-востока на северо-запад от 340 до 525 мм в год.

Физические свойства. Обобщенные данные о физических свойствах лёссовых пород различного возраста и генезиса инженерно-геологических районов приведены в таблице 3. Их основные особенности заключаются в следующем.

Наиболее глинистыми являются элювиальные и делювиальные отложения из северных районов небольшой мощности, залегающие на сарматских глинах, представленные средними и тяжелыми суглинками, реже – глинами. К югу с увеличением мощности лёссовых толщ их пластичность уменьшается. Здесь преобладают легкие суглинки, супеси, реже – средние суглинки. В этом же направлении уменьшается и влажность отложений.

Наиболее пористыми являются лёссовые породы Q₃₋₄, (в среднем 45,5–45,8 %), залегающие в областях А-I, А-III и Б-I независимо от их генезиса. С увеличением возраста отложений пористость уменьшается и для лёссовых пород Q₁₋₂ составляет 40,6–43,6 %.

Наименьшими значениями пористости в среднем 41,22 % характеризуются делювиально-пролювиальные отложения Центрально-Молдавской возвышенности (А-II) др Q₃₋₄, что обусловлено их субаэральным происхождением и весьма неоднородным гранулометрическим составом.

Таблица 3

Показатели физических свойств лёссовых пород инженерно-геологических районов и стратиграфических горизонтов

Инженерно-геологический район	Лёссовая толща	W	W _L	W _P	I _P	Плотность, г/см ³		n, %	S _r
						Грунта	Сухого грунта		
А-I-1	edQ ₃₋₄	0,22	0,43	0,21	0,22	1,81	1,49	45,5	0,72
А-I-2	dQ ₃₋₄	0,15	0,28	0,20	0,08	1,84	1,60	41,0	0,58
А-II-4	dpQ ₃₋₄	0,13	0,28	0,16	0,12	1,81	1,60	41,22	0,50
А-III-8	eoldQ ₃	0,16	0,32	0,19	0,14	1,81	1,55	42,3	0,59
А-III-8	eoldQ ₂	0,15	0,31	0,18	0,13	1,99	1,73	36,2	0,72
А-III-9	eoldQ ₃	0,15	0,31	0,18	0,12	1,66	1,45	45,8	0,47
А-III-9	eoldQ ₂	0,14	0,29	0,18	0,11	1,80	1,58	41,6	0,54
А-III-10	eoldQ ₃	0,17	0,34	0,18	0,15	1,84	1,58	41,8	0,62
А-III-10	eoldQ ₂	0,16	0,35	0,18	0,17	1,89	1,63	40,3	0,65
Б-I-11	eoldQ ₃	0,14	0,29	0,19	0,10	1,58	1,40	47,7	0,40
Б-I-11	eoldQ ₂	0,17	0,31	0,21	0,10	1,71	1,47	45,6	0,55
Б-I-11	eoldQ ₁	0,18	0,33	0,21	0,12	1,79	1,52	43,6	0,60

Просадочность и послепросадочное уплотнение. Изучение просадочности лёссовых пород осуществлялось в компрессионных приборах конструкции ЛГИ. Эти приборы после некоторого усовершенствования позволяют выполнять компрессионные испытания в соответствии с ГОСТ 23167-78 при капиллярном водонасыщении испытуемого образца, а также в условиях непрерывной фильтрации воды.

Компрессионные испытания выполнялись методом «одной кривой» по следующей методике. После загрузки образца в кольцо компрессионного прибора он подвергался обжатию ступенями нагрузок через 0,05 МПа до величины 0,15 МПа. При такой нагрузке и природной влажности образец выдерживался до условной стабилизации деформации сжатия. После чего его влажность увеличивалась методом капиллярного водонасыщения и регистрировалась деформация замоченного образца. Наблюдения проводились на протяжении 2–4 недель, до условной стабилизации

деформации сжатия, которая составляет 0,001 мм за 1 сутки. После этого подключалась вода из бака и начиналась фильтрация через образец снизу вверх при градиенте напора равном 80. Использовалась водопроводная вода гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией 0,25 г/л. Деформация образца регистрировалась ежесуточно на протяжении от 30 до 90 суток.

Таблица 4

Показатели относительной просадочности лёссовых пород инженерно-геологических районов и стратиграфических горизонтов

Инженерно-геологический район	Лёссовая толща	Показатели относительной просадочности ε_{sl} , рассчитанные			Коэффициент $K_{пу} = \frac{\varepsilon_{sl}^{\phi}}{\varepsilon_{sl}}$
		по ГОСТ 23161-78, ε_{sl}	после завершения консолидации, ε_{sl}^k	после завершения фильтрации, ε_{sl}^{ϕ}	
А-I-2	dQ ₃₋₄	0,004	0,008	0,008	2,00
А-II-3	dpQ ₃₋₄	0,001	0,003	0,003	3,00
А-II-4	dpQ ₃₋₄	0,015	0,022	0,038	2,47
А-III-8	eoldQ ₃	0,013	0,015	0,013	1,74
А-III-9	eoldQ ₃	0,025	0,034	0,039	1,97
А-III-10	eoldQ ₂	0,013	0,018	0,021	1,62
Б-I-11	eoldQ ₃	0,020	0,023	0,028	1,58
Б-I-11	eoldQ ₂	0,013	0,023	0,029	2,95
Б-I-11	eoldQ ₁	0,011	0,024	0,032	3,93

После завершения опыта изучался вещественный состав пород. Выполнялся микроагрегатный анализ методом Качинского, определялся состав воднорастворимых солей, минерализация, карбонатность, содержание аморфного кремнезема и гипса, а так же: емкость поглощения, состав обменных катионов, показатели физических свойств и удельное сопротивление пенетрации. Такая методика исследований, несмотря на все её недостатки, позволяет оценить не только деформацию образца при замачивании, но и дифференцировать её на: собственно просадку (провальную и замедленную) и послепросадочное уплотнение. Она широко использовалась различными исследователями для лёссовых пород Северного Кавказа, Ростовской области, Таджикистана [6; 10], а также Ю. И. Оляским [9] для территории Молдавии. Образцы пород ненарушенного сложения отбирались из буровых скважин (рис. 3).

Обобщение и анализ полученных результатов свидетельствует о том, что длительная фильтрация приводит к существенному увеличению деформации лёссовых пород. Коэффициент послепросадочного уплотнения $K_{пу}$ отдельных образцов изменяется от 1,19 до 7,0.

Обобщение значений данного коэффициента (табл. 4) свидетельствует о том, что в целом наблюдается закономерность в изменении величины послепросадочного уплотнения в зависимости от возраста лёссовой толщи, что обусловлено увеличением её глинистости и уменьшением пористости.

Анализировалась зависимость коэффициента $K_{пу}$ от показателей вещественного состава и физических свойств лёссовых пород. В таблице 5 приведены регрессионные уравнения взаимосвязи $K_{пу}$ с показателями состава и свойств пород. Коэффициенты корреляции уравнений составляют 0,33–0,85 %.

Это позволяет сделать вывод, что прогнозирование величины $K_{пу}$ с использованием какого-либо одного показателя состава и свойств пород не представляется возможным, ввиду невысокой тесноты связи показателей с величиной $K_{пу}$. Таким образом, прогноз возможен методом многомерного регрессионного анализа, либо методом вероятностных аналогий. Последний, представляется как наиболее приемлемый для решения указанной задачи ввиду наличия достаточной базы данных лабораторных экспериментов (около 100). Это позволяет использовать при решении задачи теорему и уравнение Байеса. Прогнозными факторами, для которых рассчитаны эмпирические вероятности, явились: содержание в породе дисперсной фракции, предел текучести, плотность сухого грунта, величина относительной просадочности, определенная по ГОСТ 23161-78 и содержание гипса [3].

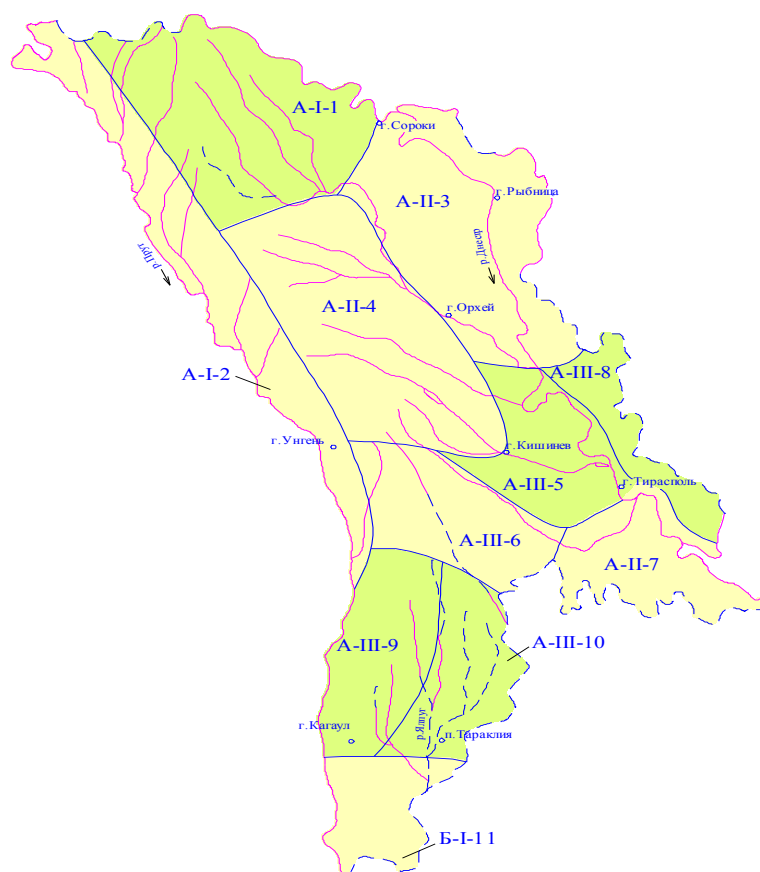


Рис. 4. Карта типологического геоэкологического районирования лессовых территорий Молдовы по величине послепросадочного уплотнения: А-I-2 – индекс инженерно-геологического района; — граница инженерно-геологического района. Значения коэффициента послепросадочного уплотнения $K_{пy}$ лессовых пород толщи Q_3 и Q_{3-4} : 1,7–2,2 – ; 2,2–3,2 –

Таблица 5
Регрессионные зависимости коэффициента послепросадочного уплотнения $K_{пy}$ от показателей состава и свойств лёссовых пород

Показатели состава и свойств	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции r
Содержание гипса Γ , %	$K_{пy} = 2,5243 \Gamma + 1,103$	0,85
Плотность сухого грунта ρ_d , г/см	$K_{пy} = 3,5495 \rho_d - 3,3509$	0,81
Коэффициент агрегированности дисперсной фракции $K_{арп}$	$K_{пy} = 00009 K_{арп}^2 + 0,0406 K_{арп} + 1,6846$	0,73
Содержание монтмориллонита в дисперсной фракции M , %	$K_{пy} = 0,0218 M + 1,1909$	0,71
Величина относительной просадочности ε_{sl} (по ГОСТ 23161-78)	$K_{пy} = 294,94 \varepsilon_{sl}^2 - 30,047 \varepsilon_{sl} + 1,8521$	0,55
Железо трёхвалентное $Ж$, г/100 г породы	$K_{пy} = 1,1173 Ж + 1,4762$	0,54
Предел текучести W_L	$K_{пy} = 6,4276 W_L - 0589$	0,50
Содержание обменного кальция K , мг-экв/100 г породы	$K_{пy} = 0,1331K + 1,7814$	0,40
Общее содержание дисперсной фракции D , %	$K_{пy} = 2,6407 - 0,0134D$	0,33

Прогноз величины послепросадочного уплотнения по значению коэффициента $K_{пу}$ выполнен для всех регионально-генетических типов лёссовых толщ междуречья. В качестве прогнозного фактора использовалось среднее и среднестатистическое его значение для данной лёссовой толщи. Полученные значения $K_{пу}$ для инженерно-геологических областей, районов и лёссовых толщ, позволили составить Карту типологического геозкологического районирования лёссовых территорий Молдовы (рис. 4). Прогноз выполнен для наиболее молодой лёссовой толщи Q_{3-4} , распространенной на всей территории междуречья.

Список литературы

1. Веклич, М. Ф. Стратиграфия лёссовой формации Украины и соседних стран / М.Ф. Веклич. – Киев : Наукова думка, 1968. – 238 с.
2. Гончаров, В. С. Инженерно-геологическая характеристика лёссового покрова Нижнего Приднестровья / В. С. Гончаров. – Одесса, 1971. – 26 с.
3. Изменение состава и свойств лёссовых пород при техногенном обводнении / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, Е. В. Щечкочихина, Т. М. Тихонова, И. Ю. Кузьменко. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. – 204 с.
4. Инженерная геология СССР. – Москва : Московский университет, 1978. – Т. 1. – 528 с.
5. Костик, Г. Е. Опыт прогнозирования просадки лёссовых пород методом аналогий / Г. Е. Костик. – Кишинев : Штиинца, 1978. – 43 с.
6. Мозговой, О. И. Исследование просадочности лёссовых пород Дагестана разными методами / О. И. Мозговой // Вопросы исследования лёссовых грунтов, оснований и фундаментов. – Ростов-на-Дону : РГУ, 1972. – Вып. 3. – С. 69–75.
7. Негадаев-Никонов, К. Н. Четвертичные отложения Молдавской ССР / К. Н. Негадаев-Никонов, П. В. Яновский. – Кишинев : Карта Молдовеняскэ, 1969. – 81 с.
8. Олянский, Ю. И. Лёссовые грунты юго-западного Причерноморья (в пределах республики Молдова) / Ю. И. Олянский. – Кишинев : Штиинца, 1992. – 130 с.
9. Олянский, Ю. И. Инженерно-геологические особенности лёссовых пород Молдавии / Ю. И. Олянский, О. П. Богdevич, В. М. Вовк // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 1994. – № 1. – С. 65–75.
10. Сквалецкий, Е. Н. К количественному прогнозу послепросадочного уплотнения лёссовых грунтов / Е. Н. Сквалецкий // Инженерная геология. – 1983. – № 2. – С. 48–58.
11. Трофимов, В. Т. Инженерно-геологическое районирование крупных территорий на основе анализа закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий (на примере Западно-Сибирской плиты) / В. Т. Трофимов. – Москва, 1976. – 49 с.

References

1. Veklich, M. F. *Stratigraphy of the loess formation of Ukraine and neighboring countries*. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1968, 238 p.
2. Goncharov, V. S. *Engineering and geological characteristics of the loess cover of the Lower Transnistria*. Odessa, 1971, 26 p.
3. Bogomolov, A. N., Olyansky, Yu. I., Shchekochikhina, E. V., Tikhonova, T. M., Kuzmenko, I. Yu. *Change in the composition and properties of loess rocks during technogenic watering*. Volgograd, VolgGASU Publ., 2015, 204 p.
4. *Engineering geology of the USSR*. Moscow, Moscow State University Publ., 1978, vol. 1, 528 p.
5. Kostik, G. E. *Experience in predicting subsidence of loess rocks by analogy*. Chisinau, Stiince Publ., 1978, 43 p.
6. Brain, O. I. The study of subsidence of loessial rocks of Dagestan by different methods. *Questions of the study of loessial soils, foundations and foundations*, 1972, vol. 3. pp. 69–75.
7. Negadaev-Nikonov, K. N., Yanovsky, P. V. *Quaternary deposits of the Moldavian SSR*. Chisinau, Cartya Moldovenienasca Publ., 1969, 81 p.
8. Olyansky, Yu. I. *Loess soils of the southwestern Black Sea region (within the Republic of Moldova)*. Chisinau, Shtiintsa Publ., 1992, 130 p.
9. Olyansky, Yu. I., Bogdevich, O. P., Vovk, V. M. Engineering-geological features of loess rocks of Moldova. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*, 1994, no. 1, pp. 65–75.
10. Skvaletsky, E. N. To the quantitative forecast of post-subsidence compaction of loess soils. *Engineering Geology*, 1983, no. 2, pp. 48–58.
11. Trofimov, V. T. *Engineering-geological zoning of large territories on the basis of the analysis of the laws of spatial variability of engineering-geological conditions (on the example of the West Siberian Plate)*. Moscow, 1976.

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Панина Ольга Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: panina_olga@inbox.ru

Донцова Ольга Леонидовна, кандидат географических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: doncovaol@mail.ru

Кирилюк Денис Андреевич, магистр, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: denis_fcke@mail.ru

Оценка оползневой опасности проведена для участка на южном берегу Таманского залива. Количественная оценка риска определена по методу Мора – Варсона. Авторами принято, что оползневая опасность находится в прямой зависимости от восприимчивости склона и величины пускового фактора. Восприимчивость склонов определяется такими факторами, как вертикальная расчлененность рельефа; мощность четвертичных отложений; преобладающий тип дочетвертичных пород; глубина залегания уровней грунтовых вод; плотность растительного покрова. Пусковыми факторами оползневой опасности являются: интенсивность атмосферных осадков, сейсмический балл территории с учетом повышения сейсмической активности и интенсивность абразии берегов (для прибрежных районов). На основе полученных данных был сделан вывод, что исследуемый участок Таманского полуострова и имеет V высокий класс опасности.

Ключевые слова: оценка оползневой опасности, Таманского полуострова, метод Мора – Варсона, восприимчивость склонов, пусковой фактор оползневой активности, класс опасности.

ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT FOR LANDSLIDE PROCESSES ON THE TERRITORY OF THE TAMAN PENINSULA

Panina Olga V., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: panina_olga@inbox.ru

Dontsova Olga L., Ph. D. in Geography, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: doncovaol@mail.ru

Kirilyuk Denis A., Master's Degree, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: denis_fcke@mail.ru

Landslide hazard assessment conducted for the site on the southern shore of the Taman Bay. Quantitative risk assessment is determined by the Mora- Vahrson method. The calculations assume that the landslide hazard is directly proportional to the susceptibility of the slope and the magnitude of the trigger factor. The susceptibility of slopes at the regional level is determined by such factors as: the vertical dissection of the terrain; the power of Quaternary deposits; the prevailing type of pre-Quaternary rocks; the depth of groundwater levels; the density of forest cover. The starting factor of landslide activity is: the intensity of atmospheric precipitation, the seismic score of the territory, taking into account the increment of seismic activity, the intensity of coastal abrasion (for coastal areas). On the basis of the obtained data, it was concluded that the studied section of the Taman Peninsula has the highest hazard class

Keywords: landslide hazard assessment, Taman Peninsula, Mora-Varson method, susceptibility of slopes, starting factor of landslide activity, hazard class

Прогноз развития опасного процесса с применением различных инструментов его проведения имеет огромное значения для определения изменений на изучаемой территории. В качестве примера приводится количественная оценка оползневого риска по методике Мора – Варсона [2]. Данный метод достаточно эффективен и использовался для оценки оползневой опасности в сходных природных условиях [1; 3].

За основу исследования взят береговой участок, расположенный на Таманском полуострове. Участок протяженностью 5500 м находится на южном берегу