ISSN 1857-0046

BULETINUL

INSTITUTULUI DE GEOLOGIE ŞI SEISMOLOGIE AL ACADEMIEI DE ŞTIINŢE A MOLDOVEI

JOURNAL

OF THE INSTITUTE OF GEOLOGY AND SEISMOLOGY OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF MOLDOVA

APARE DE DOUĂ ORI PE AN
TWO ISSUES YEARLY

2017 **No. 2**

Colegiul de redacţie "Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al Academiei de Ştiinţe a Moldovei":

1. V. Gh. Alcaz, *doctor habilitat in ştiinţe fizico-matematice, redactor – şef.*
2. I. N. Nicoara, *doctor în geologie şi mineralogie, redactor executiv.*
3. N. A. Arnaut, *doctor în geografie.*
4. O. P. Bogdevici, *doctor în geologie şi mineralogie.*
5. V. N. Ghinsari, *doctor în fizică şi matematică.*
6. V. G. Secrieru, *doctor în fizică şi matematică.*
7. A. V. Kendzera, *doctor în fizică şi matematică.*
8. V. Codrea, *profesor, doctor în geologie.*
9. Gh. Mărmureanu, *profesor, doctor în geofizică.*
10. O. N. Melniciuc, *doctor habilitat în geografie*
11. Gh. N. Sîrodoev, *doctor în geologie şi mineralogie*
12. E. S. Isicico, *colaborator ştiinţific.*

"Journal of the Institute of Geology and Seismology of Moldavian Academy of Sciences"editorial board:

1. V. Gh. Alcaz, *doctor habilitatus in Physics and Mathematics, editor in chief.*
2. I. N. Nicoara, *doctor în Geology, executive editor.*
3. N. A.Arnaut, *doctor in Geography.*
4. O. P. Bogdevici, *doctor in Geology and Mineralogy.*
5. V. N. Ghinsari, *doctor in Physics and Mathematics.*
6. V. G. Secrieru, *doctor in Physics and Mathematics.*
7. A. V. Kendzera, *doctor in Physics and Mathematics.*
8. V. Codrea, *professor, doctor in Geology.*
9. Gh. Mărmureanu, *professor, doctor in Geophysics.*
10. O. N. Melniciuc, *doctor habilitatus in Geography.*
11. Gh. N. Sîrodoev, *doctor in Geology and Mineralogy.*
12. E. S. Isicico, *researcher.*

Toate articolele ştiinţifice sînt recenzate.
Toate drepturile sunt rezervate redacţiei şi autorilor.
Redactor tehnic: O. P. Cadocinicov.
All articles in the journal are subject to review.
Copyright exclusive to redaction and authors.
Technical editor: O.P. Cadocinicov
Adresa redacţiei: str. Gh. Asachi, 60/3, MD-2028 Chisinau, Republica Moldova
Editorial address: 60/3, Gh. Asachi Str., MD-2028 Chisinau, Republic of Moldova
Buletinul este dedicat cercetărilor fundamentale şi aplicative în domeniul ştiinţelor terestre.
The journal is focused on Earth Science researches fundamental and applicative.
Web: http://igs.asm.md/node/15

Preţ de abonament - 60 lei
Subscription fee – 60 MDL

Editură -"Centrul editorial-poligrafic al USM, Chişinău, 2018
Publisher -"Editorial and polygraphic center of MSU, Chisinau, 2018
© Institutul de Geologie şi Seismologie al AŞM, 2018
© Institute of Geology and Seismology of ASM, 2018

SUMAR

Жалалите Г.П., Желяпов В.И., Никоара И.Н. Возможность использования подземных вод для орошения в Республике Молдова. 5

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Карпатское землетрясение 27 декабря 2016 года 18

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Макросейсмическое поле сильнейшего в XXI веке землетрясения области Вранча 27 октября 2004 года.....27

Troian S. Evaluarea riscului seismic al fondului imobiliar al Republicii Moldova 34

Полканов В.Н., Кырлан А.В., Полканова А.В. Прогноз устойчивости склона реконструируемой автомобильной дороги Кишинэу-Унгень на участке "80-й км" ...47

Рышковой А.Д. К вопросу о глубинном уплотнении просадочных грунтов II типа.....53

Полканов В.Н., Кырлан А.В., Полканова А.В. Инженерно-геологическая характеристика оползневого участка "4-ый км автомобильной дороги Устия-Холеркань" в Центральной Молдове.....59

Рышковой А.Д. Основные проблемы строительства зданий и сооружений в Молдове на грунтах II типа по просадочности 67

Болотин О.А., Сюткин С.В. Особенности минерального состава глауконитосодержащих песков верхнемеловых отложений Молдовы.....75

Maftuleac A. , Spătaru P., Bolotin O. Spectroscopia infraroşie şi analiza Roentgen în studierea cernoziomului din Repulica Moldova.....82

Codrea Vlad Aurelian. Critica şi discuţii. Review on ”Natural protected areas of Moldavia. Geological,paleontological, hydrological, pedological monuments of nature” vol. I, 2016 88

CONTENTS

Jalalite Gh.P., Jeleapov V.I., Nicoara I.N. Possibility of using ground water for irrigation in the Republic of Moldova 5

Stenanenko N.I., Kardanets V.I. Carpathian Earthquake of December 27, 2016.....**Error! Bookmark not defined.**

Stenanenko N.I., Kardanets V.I. Macroseismic field of the earthquake from 27 October, 2004.....**Error! Bookmark not defined.**

Troian S. Evaluation of seismic risk for buildings in the Republic of Moldova .....**Error! Bookmark not defined.**

Polkanov V.N., Cîrlan A.V., Polkanova A.V. Landslide deformation forecast for "80th km" section of the reconstructed Chisinau-Ungheni motor road..... **Error! Bookmark not defined.**

Rîşcovoi A.D. Study of characteristics of the second type subsidence ground subjected to compacting and stabilization by means of vibropressed soil pilots .....**Error! Bookmark not defined.**

Polkanov V.N., Cîrlan A.V., Polkanova A.V. Engineering-geological survey of a landslide area located in Central Moldova on the 4th km of the Ustia-Holercani road .....**Error! Bookmark not defined.**

Rîşcovoi A.D. Main problems of building construction on the sites with the second type of subsidence ground 67

Bolotin O.A.,Siutkin S.V. Features of the mineral composition of glauconite sands of Upper Carbonate deposites in the Republic of Moldova. ....**Error! Bookmark not defined.**

Maftuleac A., Spătaru P., Bolotin O. Mineralogical structure studies of Moldavian cernozem using infrared spectroscopy and X-ray analysis .**Error! Bookmark not defined.**

Codrea Vlad Aurelian. Discussion and Criticism. Review on ”Natural protected areas of Moldavia. Geological,paleontological, hydrological, pedological monuments of nature” vol. I, 2016 88

Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al AŞM, N2, 2017

УДК 556: 626.81/.84

Жалалите Г.П., Желяпов В.И., Никоара И.Н.

Возможность использования подземных вод для орошения в Республике Молдова.

Abstract

Data on estimation of possibility to use ground water for irrigation in the Republic of Moldova are shown in the paper. It's reflected irrigation experience in other countries. There are estimated dependency of first ground water level, soil zone and type of water. It's shown data on suitability of ground water for irrigation based on ground water monitoring data of 2014, estimated by SARandStebler irrigation coefficient.

Keywords: *irrigation, ground water, Republic of Moldova, SAR*

Rezumat

Prezenta lucrare reflectă datele privind posibilitatea utilizării apelor subterane pentru irigare în Republica Moldova. Este reflectată expirienţa irigării în alte ţări.Este apreciat raportul adâncimii pânzei apelor freatice de zona pedologică şi tipul apelor. Sunt reflectate datele privind concordanţa apelor subterane Republicii Moldova pentru irigare în baza datelor de monitoring pentru anul 2014, conform coeficienţilor SAR, şi de Irigare (Stebler).

Cuvinte cheie: *irigare, apele subterane, Republica Moldova, SAR*

Резюме

В данной статье приводится данные о возможности использования подземных вод, для орошения в Республики Молдова. Отражены данные опыта орошения в других странах. Оценен фактор глубины залегания грунтовых вод в зависимости от почвенной зоны и типа вод. Приведены данные по оценке пригодности подземных вод Республика Молдова для орошения по данным мониторинга подземных вод за 2014г, основанных на расчетах коэффициентов САР, и иригационого (Стэблера).

Ключевые слова: *орошение, подземные воды, Республика Молдова, САР*

Введение

Анализ опыта орошения в мире показывает, что за последние 15 лет общая площадь орошаемых земель в мире увеличилась на 15 %. Ожидающийся дальнейший рост орошаемых площадей на 1,0-1,5% в ближайшие годы может привести к увеличению потребления запасов пресной воды на 17% [1].

Для полива могут использоваться воды как поверхностные, так и подземные, а кроме того сточные и морские после очистки. Подземные воды для орошения используются в США, Индии, Канаде, Мексике, Франции, Израиль, где из подземных источников извлекают 20-45% оросительных вод. В странах СНГ из подземных вод для ирригации используется не более 4-5%. Не зависимо от происхождения источника, воды, используемые для полива должны отвечать одному общему требованию – не ухудшать свойства почв. В. В. Докучаев писал: „Особое

внимание должно быть обращено на состав оросительных вод, так как все эти минеральные, растворимые и взмученные части оросительных вод будут действовать существенно различным образом, а иногда даже и вредно на плодородие орошаемых участков, то, очевидно, состав их должен быть обстоятельно изучен, особенно, в ирригационные периоды" [2].

Необходимо отметить, что в мировой практике до настоящего времени отсутствуют официально действующие нормативные документы по оценке качества вод, регламентирующие применение их для орошения. При оценке пригодности воды для орошения нельзя установить жесткие нормы, поскольку в каждом случае, помимо качества используемой воды, приходится учитывать особенности почв и гидрогеологические условия орошаемой территории, и виды культур.

Благоприятный естественный дренаж, позволяющий отток вод с орошаемого массива, или глубокое залегание грунтовых вод препятствует значительному накоплению солей. Однако, при неглубоком залегании грунтовых вод, плохо фильтрующих грунтах и отсутствии дренажа, засоление будет протекать весьма интенсивно. В этом случае поливные воды еще больше повысят уровень грунтовых вод, усилят испарение и, следовательно, увеличат их минерализацию и засоление почв. Наибольшая опасность возникает при смыкании фильтрующихся сверху поливных вод с близко залегающими грунтовыми водами с высокой минерализацией[1,5].

В 2015 году Российским Научно-исследовательским Институтом Проблем Мелиорации было составлено „Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель". В приложении „К" регламентируется качество оросительной воды по ее минерализации и степени развития неблагоприятных процессов. В табл. К3 и К4 приведены нормы качества оросительных вод, неорганические и органические соединения. Следует отметить, что нормы практически мало чем отличаются от норм для питьевых вод, более жесткие требования по величине минерализации (как следствие и к величине электропроводимости), содержанию кадмия, селена, ртути[3,4].

В таблице 1 приведена критическая глубина залегания грунтовых вод (средняя для степной зоны)

Таблица 1

Минерализация, г/л	Критическая глубина грунтовых вод, м	
	Нещелочная вода	Щелочная вода.
Зона черноземья		
1 - 3	2,0 – 2,2	2,2 – 2,5
3 - 5	2,2 – 2,5	2,5 – 3,0
5 - 10	2,5 – 3,0	3,0 – 3,5
Зона каштановых почв		
1 - 3	1,8 – 2,0	2,2 – 2,5
3 - 5	2,0 – 2,2	2,5 – 3,0
5 - 10	2,2 – 2,5	3,0 – 3,5

Опыт орошения в полуаридных и аридных зонах позволяет признать практически во всех случаях пригодными для орошения воды с минерализацией менее 0,2г/л. Минерализацию 0,2-0,5г/л считают хорошей при отсутствии в воде нормальной соды. Минерализация 0,5-1,0г/л допустима при поливе устойчивых к засолению растений на легких почвах. Минерализация 1-2г/л опасна сточки зрения

засоления почв. Воды с более высокой минерализацией используют в гумидных зонах на легких почвах с низкой поглотительной способностью.[5].

На юге России, схожих по природным условиям с Республикой Молдова, воды местных степных рек, прудов, лиманов, подземные и дренажные, для орошения считаются непригодными (особенно для орошения черноземов). Их использование рекомендуется только после обработки (снижение pH и увеличение резервов кальция).[2,7].

Для оценки ирригационных свойств воды применяются разные формулы. Качество поливной воды зависит не только от общего количества растворенных веществ, но и от соотношения основных химических компонентов. Наиболее вредными для растений и почв считаются соли натрия, соединения же кальция считаются безвредными (за исключением $CaCl_2$).

Соли, растворенные в воде, применяемой для полива, обладают различной степенью опасности по отношению к растениям. На рис. 1 представлена схема, предложенная Л. П. Розовым, которая отражает эту степень опасности.[6].

$NaCl$	Na_2SO_4	Na_2CO_3
$MgCl_2$	$MgSO_4$	$MgCO_3$
$CaCl_2$	$CaSO_4$	$CaCO_3$

Рис.1. Степень опасности различных химических солей для растений.
(затемненные ячейки - соли, представляющие опасность для растений, остальные - условно безвредные [2]).

Материалы и методы

Необходимо особенно подчеркнуть опасность полива почв оросительной водой, содержащей карбонаты (Na_2CO_3) и бикарбонаты натрия ($NaHCO_3$). Даже весьма низкие их концентрации (1-2ммоль/л) в оросительной воде в процессе неоднократных поливов вызывает сильное подщелачивание почв. Интенсивность адсорбции натрия повышается пропорционально концентрации карбонатов натрия в воде. Следует, однако, отметить, что пригодность вод для полива обусловлена не только химическим составом, но и климатом местности, частотой и способом полива, свойствами почв, гидрогеологическими условиями массива. Оросительная вода с одними и темже содержанием $NaHCO_3$ опасна для почв с pH >7, но нередко улучшает почвы с pH<7 [2].

Исходя из анализа специализированной литературы, в данной работе авторами приводятся некоторые методы оценки качества воды, используемой для орошения, пригодные для лесостепной, полуаридной зоны Республики Молдовы.

И. Н. Антипов-Каратаев и Г. М. Кадер предложили использовать следующее уравнение для оценки опасности осолонцевания орошаемых почв:

$$\frac{Ca^{+2}+Mg^{+2}}{Na^{+}} \geq 0.23C \ ,$$

где: C – общая концентрация растворимых солей, г/л;
Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} - содержание ионов в воде, моль/литр.

Зная эти параметры, можно рассчитать соотношение катионов, при котором количество поглощения натрия достигает 10% от ЕКО (емкости катионного обмена)

почвы. Индекс 10 означает критическое соотношение $\frac{Ca^{+2}+Mg^{+2}}{Na^{+}}$. Если отношение равно или выше *0,23С*, то такая вода благоприятна для полива. При меньших значениях – вода опасна для почв, может начаться их осолонцевание [1,2].

В ирригационной практике США и ряда других стран оценка качества поливной воды производится по величине электропроводности, натрий адсорбционному коэффициенту (SAR) и содержанию бора.

Таблица 2

Шкала солености оросительной воды

Классификация вод	Электропроводность мкСм/см, при 25^0С	Приблизительная концентрация солей, г/л
Вода с низкой соленостью. Ппригодна для орошения большинства культур на большинстве почв.	< 250	< 0,2
Вода со средней соленостью. Используется в условиях умеренного выщелачивания (можно выращивать культуры средней солеустойчивости, не применяя мер для борьбы с засолением).	250 – 750	0,2 – 0,5
Вода с высокой соленостью. Даже при хорошем дренаже могут потребоваться мероприятия по борьбе с засолением (следует выбирать культуры, обладающие высокой солеустойчивостью).	750 - 2250	0,5 – 1,0
Водас очень высокой соленостью. Непригодна для орошения в обычных условиях. Полив при следующих условиях: высокая проницаемость почв, дренаж, подача избыточного количества оросительных вод, выращивание культур очень высокой солеустойчивости.	>2250	1 – 3

Коэффициент поглощения натрия (SAR-Sodium Adsorption Ratio), предложенный департаментом сельского хозяйства США рассчитывается по формуле:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{+2} + Mg^{+2})}}$$

Если величина SAR < 10 – вода хорошего качества, 10-18 - среднего качества, 18 – 25 - качество воды неудовлетворительное, 25 и более – качество воды весьма неудовлетворительное. [2]

При содержании бора >4мг/л воды считаются всегда непригодными для орошения, если же содержание бора <0,3мг/л, то воды всегда пригодны для орошения.

Л.А. Ричардс (США) на основе экспериментальных данных доказал, что при низкой минерализации оросительных вод (<1г/л) и слабой угрозе засоления, ирригационные воды могут вызвать значительную опасность осолонцевания. Ниже приводим таблицу, составленную Л.А Ричардсом.

Таблица 3

Опасность засоления и осолонцевания почв оросительными водами в зависимости от минерализации и значений коэффициента SAR (Л. А. Ричардс) [8]

Общая минерализация воды, г/л	Опасность засоления почвы	Опасность осолонцевания по SAR			
		Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
<1	Низкая	8 - 10	15 - 18	22- 6	>26
1 - 2	Средняя	6 - 8	12 - 15	18 - 22	>22
2 - 3	Высокая	4 - 6	9 - 12	14 - 18	>18
> 3	Очень высокая	2 - 4	6 - 9	14	> 14

Ирригационный коэффициент был предложен Х. Стеблером как критерий оценки качества ирригационной воды. Ирригационный коэффициент K_a вычисляется по следующим формулам, в зависимости от соотношения Na^+, Cl^- и SO_4^{2-}:

$$Ka = \frac{288}{5Cl} Na^+ - Cl^- \leq 0$$

$$Ka = \frac{288}{(Na^+ 4Cl^-)} 0 < Na^+ - Cl^- < SO_4^{2-}$$

$$Ka = \frac{288}{10Na^+ - 5Cl^- - 9SO_4^{2-}} Na^+ - Cl^- - SO_4^{2-} > 0$$

где Na^+, Cl^-, SO_4^{2-} — концентрации соответствующих ионов в миллимолях количества вещества эквивалента на 1 л.

Значением коэффициента K_a определяется качество воды: более 18 - хорошее, от 18 до 6 - удовлетворительное, от 6,0 до 1,2 - неудовлетворительное, менее 1,2 - плохое (вода непригодна для орошения)[5].

Результаты и дисскусии

В настоящее время в общемировом масштабе признано, что вода является стратегическим ресурсом, сохранение которого зависит от организации системы управления водопользования на основе научно обоснованного нормирования.

Таким же стратегическим ресурсом для Республики Молдоваявляются и ее уникальные плодородные почвы. В продовольственной и сельскохозяйственной Программе Организации Объединенных Наций отмечено, что около половины площадей освоенных аллювиальных почв Республики Молдова находятся в неудовлетворительном состоянии. Они поражены процессами засоления, осолонцевания, заболачивания и слитизации. [9]

В период до 1991г. в пределах территории Республики Молдова орошались значительные площади. Наряду с поверхностными водами для орошения использовались и подземные воды. Для этих целей на орошаемых массивах было пробурено ряд скважин на воду. В настоящее время большая часть скважин заброшена.

Мониторинг состояния почв, качества оросительной воды, гидрогеологическими условиями на массивах орошения осуществлялся Гидромелиоративной партией Министерства Водного хозяйства. Для оперативного контроля за мелиоративным состоянием орошаемых земель на каждом массиве была оборудована сеть наблюдательных скважин. Перед вводом в эксплуатацию, для

каждого массива орошения институтом «Молдгипроводхоз» составлялся техно-рабочий проект,составной частью которого были инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания. Во время проведения работ определялись глубины залегания и химический состав грунтовых вод, физико-механические свойства и фильтрационные характеристики грунтов, определялись величины суммарного испарения, инфильтрации атмосферных осадков и оросительных вод, рассчитывались баланс грунтовых вод и коэффициент фильтрации. По результатам исследований разрабатывались рекомендации по улучшению мелиоративного состояния массивов орошения, прокладке дренажа и т. д. [10].

Практически вся территория Республики была покрыта гидрогеологической и инженерно-геологической сьемкой для целей мелиорации в масштабе 1:50000.[11,12]. В результате были составлены карты глубин залегания грунтовых вод, карты качества подземных вод, проведено районирование территории по условиям мелиорации. При оценке качества оросительных вод использовался, в основном, ирригационный коэффициент (щелочной коэффициент *Х.* Стеблера). Материалы по указанным выше исследованиям хранятся в Государственном Фонде Информации о Недрах (Агентство по Геологии и Минеральным Ресурсам).

Для хозяйственно – питьевого и технического водоснабжения в Республики Молдова наряду с поверхностными водами используются подземные воды 9-10 водоносных горизонтов и комплексов (аллювиальные четвертичный и верхне-среднеплиоценовый, понтический, верхнесармат-мэотический, верхнесарматский, среднесарматский в т. ч. конгериевый, нижнесармат-баденский, мел – силурийский и комплекс вендских верхнерифейских отложений). Для того, чтобы эксплуатация подземных вод не привела к необратимому изменению режима подземных вод (осушение водоносных горизонтов, изменение качества) в Республике Молдовапроводились гидрогеологические исследования с целью подсчета или переоценки эксплуатационных запасов подземных вод, определения режима эксплуатации. Таким образом, эксплуатационные запасы подземных вод – это количество подземных вод ($м^3$/сут) которое может быть получено постоянными или временными, рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, соответствующим требованиям в течение всего расчетного срока. Расчетный срок эксплуатации для хозяйственно – питьевого водоснабжения принимается 10^4 суток (27 лет).

Общее количество эксплуатационных запасов по Республике в настоящее время составляет около 3479 тыс. $м^3$/сут, из них для хозяйственно-питьевого водоснабжения утверждено 2020 тыс. $м^3$/сут.[13]

Согласно Постановления Правительства №931, гл.VI, п. 32, 34 при водоотборе более 1000 $м^3$/сут необходимо проведение гидрогеологических исследований, оценка эксплуатационных запасов подземных вод и утверждение их Государственной Комиссией по Запасам.

В последние годы снизился водоотбор, особенно в промышленных зонах, так как почти не работают, или работают с перерывами промышленные предприятия, предприятия по переработке сельхозпродукции, почти не осталось животноводческих комплексов, водоснабжение крупнейших городов Кишинэу и Бэлць осуществляется за счет поверхностных вод р. Днестр. Согласно данным „Apele Moldovei” количество извлекаемых подземных вод в 1991 году составило 277307 тыс. $м^3$/год (~ 760 тыс. $м^3$/сут.), в 2001 году – 132778, 2 тыс. $м^3$/год (~ 364 тыс. $м^3$/сут.), в 2003 году – 130071,9

тыс. м^3/год (356,4 тыс. м^3/сут.), в 2011году 110600 тыс. м^3/год (303 м^3/сут), в 2013году 125230 тыс. м^3/год (343 тыс. м^3/сут.) [14].

Таким образом, за период после 1991 г. потребление подземных вод снизилось в два раза. Как следствие снижения водоотбора почти повсеместно отмечается повышение уровней в водоносных горизонтах и комплексах, воды которых используются для водоснабжения [13].

В связи с тем, что последнее время из госбюджета Республики Молдова выделялись незначительные средства на разведку, оценку и переоценку эксплуатационных запасов подземных вод, снизился прирост эксплуатационных запасов (за 2001 год 6,14 тыс. м^{3}сутки). В последние годы прирост запасов равен нулю, средства на проведение работ не выделяются. На большей части эксплуатируемых водозаборов истек или истекает срок амортизации, необходима переоценка эксплуатационных запасов подземных вод. Следует отметить, что даже при соответствующем финансировании, проведение вышеупомянутых работ проблематично из-за дефицита специалистов – гидрогеологов.

Авторами была сделана попытка оценки пригодности подземных вод для орошения по данным мониторинга подземных вод. Величины натрий адсорбционного коэффициента SAR, ирригационного коэффициента по Стеблеру, а также, соотношение кальция, магния, натрия были подсчитаны для территории Р. Молдовы по данным мониторинга подземных вод за 2014 год (58 определений химического состава подземных вод в разных водоносных горизонтах, таблица 4) [2].

Подземные воды с минерализацией 0.7 – 1.0 г/л (пригодны для полива устойчивых к засолению растений на легких почвах) составляют 20%, с минерализацией 1.0-2.0 г/л (опасность засоления почв) составляют 66%, воды с минерализацией более 2 г/л- 14% (для наших условий не пригодны для полива) (Рис. 2).

По величине коэффициента SAR воды хорошего качества для орошения составляют 46%, среднего – 5%, мало удовлетворительного и неудовлетворительного качества – 49% (Рис. 3).

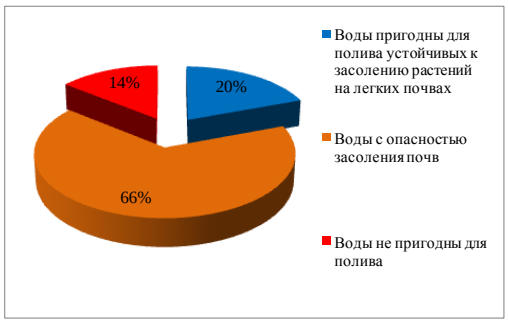


Рис. 2. Пригодность для полива подземных вод по минерализации.

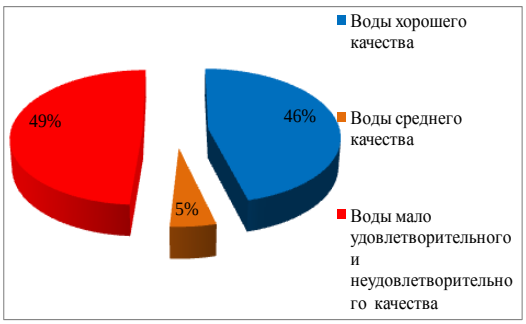


Рис. 3. Качество подземных вод по величине коэффициента SAR.

Изучение результатов ранее проведенных работ показывает, что в Республике Молдова нет подземных вод по минерализации (менее 0.2 г/л) во всех случаях пригодных для орошения. Практически отсутствуют и подземные воды, пригодные для орошения при отсутствии в них соды (минерализация 0.2-0.5 г/л). В большинстве случаев в подземных водах отмечается повышенное содержание натрия (исключение

составляют, в основном, подземные воды понтического водоносного горизонта) [2,11,13,14].

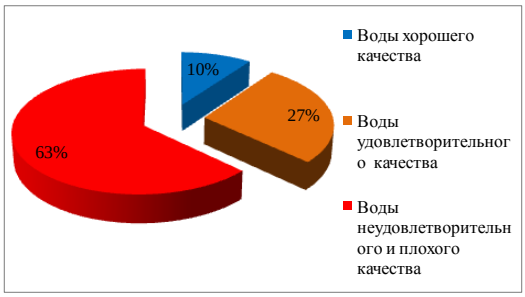


Рис. 4. Качество подземных вод по величине ирригационного коэффициента.

По величине ирригационного коэффициента это соотношение выглядит иначе. Воды хорошего качества составляют 10%, удовлетворительного – 27%, неудовлетворительного и плохого качества – 63%. (Рис. 4).

По уравнению соотношения кальция, магния и натрия воды, которые не будут способствовать осолонцеванию почвы, составляют 48%, воды, непригодные для полива – 52%.

Тут следует особо отметить, что подземные воды хорошего качества для полива по всем определенным нами показателям (за исключением минерализации) составляют около 9%. Это всего 5 участков: Криулень - среднесарматский водоносный горизонт N_1S_2; Балцата (N_1S_2); Крива (меловой водоносный горизонт); Гидигич (средне-нижнесарматский водоносный горизонт) пропущен участок у г. Яловень. Во всех 5 случаях подземные воды не отвечают требованиям по минерализации. Если на участках в г. Яловень и в с. Балцата воды можно считать удовлетворительного качества (минерализация 0.7- 0.95 г/л), то на участках в гг. Гидигич и Криулень минерализация составляет 1.2 и 1.3 г/л, соответственно, а на участке в с. Крива почти 3 г/л. В подземных водах в с. Крива отмечено высокое содержание кальция, сульфатов (гипса) и низкое содержание натрия, что является благоприятным для полива [15]. Для всех 5 случаев характерно сравнительно невысокое содержание натрия. При этом, в пробах воды, отобранных весной и осенью на Гидигическом и Яловенском водозаборах, содержание натрия и кальция изменяется, с чем связано изменение величин SAR и ирригационного коэффициента.

Конечно, рассчитанные нами показатели не могут в полной мере характеризовать пригодность подземных вод для орошения. Но полученные данные дают общие представления о пригодности подземных вод для орошения, подтверждают необходимость проведения конкретных комплексных исследований на каждом конкретном участке.

Кроме того, для обеспечения благоприятной мелиоративной ситуации на землях сельскохозяйственного назначения и прилегающих территорий, сохранения благоприятных условий обеспечения водой населения и других объектов, необходимы комплексные наблюдения за состоянием земель, почв, оросительных, дренажных, подземных и поверхностных вод, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений.

Таблица 4

Результаты мониторинга подземных вод за 2014 год

№ п/п	№ скважины	Местоположение	Водоносный горизонт	Сухой остаток, мг/л (С)	Минерализация, мг/л	$Na^{+}+K^{+}$, ммоль/л	Ca^{2+}, ммоль/л	Mg^{2+}, ммоль/л	SO_4^{2-} ммоль/л	HCO_3^{-}, ммоль/л	Cl^{-}, ммоль	*SAR*	Ирригационный коэффициент	$\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{Na^{+}}$	0,23С
1	3644	Слобозия Душка	N_1S_2	759	1032	11,89	0,41	0,71	2,24	3,64	1,27	13,7	3,1	0,09	0,17
2	7	Криулень	N_1S_2	1003	1282	8,67	5,15	3,47	5,15	9,74	2,10	4,2	9,7	0,99	0,23
3	7	Гидигич	N_1S_2	968	1226	7,33	4,08	5,36	6,98	8,92	0,87	3,4	26,6	1,28	0,22
4	26	Яловень	N_1S_1	559	735	5,57	1,02	3,27	6,34	1,24	1,24	3,8	10,2	0,77	0,13
5	1	Хынчешть	N_1S_2	635	895	10,23	0,41	0,3	1,6	9,05	0,45	17	3,3	0,07	0,15
6	3	Анений Ной	N_1S_2	778	1056	12,68	0,2	0,31	2,92	9,61	0,79	25,4	2,4	0,04	0,18
7	5	Штефан-Водэ	N_1S_1	931	1197	14,73	0,31	0,81	2,55	9,61	3,75	19,6	2,7	0,08	0,21
8	12	Миток	N_1S_1	867	1096	7,58	2,65	4,7	5,36	8,08	1,66	4,0	15	0,97	0,20
9	1	Ниспорень	N_1S_1	1513	2108	23,16	0,1	0,1	5,48	20,24	0,62	72,4	1,6	0,009	0,35
10	4535	Хыржаука	N_1S_1	1205	1587	19,79	0,1	0,1	6,06	13,02	1,13	61,8	2,1	0,01	0,28
11	4936	Сипотень	N_1S_1	1234	1657	19,91	0,1	0,1	5,54	13,73	1,07	59,7	2,1	0,01	0,28
12	422	Балцата	N_1S_2	713	948	5,28	1,22	6,59	3,6	8,39	1,1	2,7	19,3	1,48	0,16
13	9	Бесарабяска	N_1S_1	996	1398	17,14	0,1	0,21	2,8	13,52	1,13	44	2,5	0,018	0,23
14	2	Чимишлия	N_1S_2	519	700	6,86	0,41	1,83	1,77	6,51	0,82	6,5	5,9	0,33	0,12
15	Родник	Хынчешть	N_1S_3-m	856	1153	7,88	3,78	3,62	3,44	10,32	1,46/	4,1	7,1	0,94	0,20
16	Кол.	Миток		1606	2075	16,38	6,71	5,09	7,28	15,82	4,82	6,7	3,9	0,72	0,37
17	1	Теленешть	Q	936	1191	13,89	0,61	0,81	5,30	8,93	1,32	16,5	3,4	0,1	0,22
18	508	Продэнешть	N_1S_1	1440	1845	23,13	0,41	0,71	5,92	13,98	4,14	30,8	1,9	0,05	0,33
19	2	Кэушань	Q	795	1076	13,32	0,1	0,31	2,04	9,74	2,0	29,6	2,7	0,03	0,18
20	Род.	Стежарень	N_1S_2	1195	1506	11,07	4,58	4,88	3,79	10,46	4,14	5,1	5,2	0,85	0,27
21	909	Криково	Q	964	1232	7,93	2,14	6,86	5,92	9,49	1,24	3,7	14,5	1,13	0,22
22	937	Унгень	N_1S_1	1002	1341	12,11	1,94	3,26	3,0	11,88	1,30	7,6	3,3	0,43	0,23

№ п/п	№ скважины	Местоположение	Водоносный горизонт	Сухой остаток, мг/л (С)	Минерализация, мг/л	$Na^{+}+K^{+}$, ммоль/л	Ca^{2+}, ммоль/л	Mg^{2+}, ммоль/л	SO_4^{2-} ммоль/л	HCO_3^{-}, ммоль/л	Cl^{-}, ммоль	*SAR*	Ирригационный коэффициент	$\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{Na^{+}}$	0,23С
23	32	Готешть	Q	885	1270	12,15	0,1	0,1	0,46	13,41	2,25	38	2,7	0,016	0,2
24	62	Николаеука	N_2p	1107	1292	11,84	3,06	3,27	7,28	6,76	3,72	6,7	8,4	0,53	0,25
25	826	Кантемир	Q	1050	1331	18,05	0,1	0,1	0,25	9,93	8,22	56	2,1	0,011	0,24
26	7	Флорешть	N_1S_2	1144	1433	19,26	3,57	2,25	7,0	9,98	2,28	11,3	2,4	0,3	0,26
27	5	Шолданешть	N_1S_1	684	952	4,5	4,29	3,72	1,7	9,47	0,99	2,3	11,6	1,78	0,16
28	Род.	Сырково	N_1S_1	596	793	4,7	3,06	2,65	2,04	7,12	0,57	2,8	11,2	1,21	0,14
29	1	Вулканешть	Q	876	1028	7,77	3,57	3,37	5,3	5,78	3,63	4,1	12,9	0,89	0,2
30	6	Чок-Майдан	N_2p	551	750	8,94	0,2	0,21	1,68	6,91	0,9	19,7	4,1	0,046	
31	Род.	Кагул	Q	959	1221	7,55	3,26	5,98	5,2	9,01	1,92	3,5	14,8	1,22	0,22
32	481	Вулканешть	Q	4341	4499	35,42	20,66	13,26	37,28	6,3	24,96	8,6	2,1	0,96	1,0
33	3	Тараклия	N_1S_2	1562	2041	24,66	0,2	0,21	0,33	16,54	11,02	54,8	1,5	0,017	0,36
34	591	Тараклия	Q	670	942	5,71	2,86	3,98	1,54	9,4	1,59	3,1	8,2	1,2	0,15
35	Водоз.	Чадыр-Лунга	N_1S_2	1316	1643	20,74	0,31	0,4	5,36	11,40	3,35	34,6	2,0	0,034	0,3
36	587	Твардица	Q	1513	1784	23,21	0,61	0,21	8,34	9,81	6,42	36,3	2,3	0,035	0,35
37	19-837	Орхей	N_1S_2	2012	2338	11,07	5,31	14,18	16,19	11,61	5,72	3,5	8,3	1,76	0,46
38	15-783	Степь-Сочь	N_1S_1	1370	1566	13,57	2,86	3,88	8,74	7,24	6,84	7,4	7,0	0,5	0,32
39	5	Сынжерей	N_1S_1	1262	1599	18,02	1,25	1,61	7,86	11,3	1,96	15	2,9	0,16	0,29
40	19-436	Трушень	Q	1038	1319	6,73	1,55	9,88	3,3	10,43	2,12	2,8	10,7	1,7	0,24
41	Колод.	Трушень	Q	726	985	8,57	1,75	2,33	1,98	9,15	0,82	6	4,5	0,48	0.17
42	Водозаб.	Фалешть	K_2S_1	1072	1487	21,56	0,1	0,1	5,69	15,0	1,07	67,3	1,8	0,009	0,25
43	13-459	Калинешты	N_1S_1	2586	3825	45,87	0,31	0,30	2,4	41,64	2,76	83	0,7	0,013	0,59
44	16/09	Хиждиень	N_1S_1	1291	1744	21,46	0,1	0,1	5,62	15,52	0,73	67	1,8	0,009	0,3
45	4057	Единец	N_1S_1	1121	1481	18,49	0,1	0,1	5,18	12,41	1,1	57	2,2	0,011	0,26
46	4-492	Александрень	K_2S_1	2019	2666	32,04	0,71	0,51	9,81	22,76	1,16	41,1	1,3	0,04	0,46
47	1-913	Крива	K_2S_1	2754	2975	5,41	30,61	6,63	30,46	8,54	1,94	1,25	21,8	6,88	0,63
48	8	Ниспорень	N_1S_1	1789	2527	30,58	0,1	0,1	4,75	8,54	0,73	95,6	1,1	0,007	0,41
49	Колод.	Орхей	Q	826	1012	5,19	5,2	3,01	1,94	6,88	1,75	2,6	11,2	1,58	0,19

№ п/п	№ скважины	Местоположение	Водоносный горизонт	Сухой остаток, мг/л (С)	Минерализация, мг/л	$Na^{+}+K^{+}$, ммоль/л	Ca^{2+}, ммоль/л	Mg^{2+}, ммоль/л	SO_4^{2-} ммоль/л	HCO_3^{-}, ммоль/л	Cl^{-}, ммоль	*SAR*	Ирригационный коэффициент	$\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{Na^{+}}$	0,23С
50	2	Хынчешть	N_1S_3-m	699	990	11,44	0,41	0,4	1,71	10,12	0,42	17,9	3	0,071	0,16
51	3	Штефан-Водэ	N_1S_2	922	1201	14,67	0,3	0,92	2,72	9,71	3,46	18,8	2,4	0,08	0,21
52	2	Дондюшань	N_1S_1	1052	1417	17,51	0,1	0,1	4,49	12,48	0,87	54,7	2,2	0,011	0,24
53	1	Гидигич в/з	N_1S_1	810	1087	7,04	3,56	8,92	8,94	9,48	1,1	2,8	25,2	1,77	0,19
54	26	Яловень в/з	N_1S_1	479	661	2,48	1,58	5,05	1,84	6,34	0,99	1,4	44,3	2,67	0,11
55	2	Кэлэраш в/з	N_1S_1	1171	1556	19,22	0,1	0,1	5,25	13,51	0,87	60	2,0	0,01	0,27
56	4581	Сан. Кодру	N_1S_1	1179	1558	19,34	0,1	0,1	5,66	13,1	1,01	60,4	2,1	0,01	0,27
57	7	Криулень в/з	N_1S_2	976	1247	6,33	5,84	4,41	5,10	9,54	1,94	2,9	21,2	1,62	0,22
58	Родник	Баймаклия	Q	798	1181	6,12	2,97	6,24	0,5	13,10	0,96	2,85	5,5	1,5	0,18

Выводы и рекомендации

1. Подземные воды основных водоносных горизонтов и комплексов по величине минерализации для орошения, в основном, не пригодны или пригодны с ограничениями.
2. В большинстве случаев в подземных водах отмечается повышенное содержание натрия, что весьма неблагоприятно дляорошения. Исключение составляют территории, где распространен понтический водоносный горизонт (Южное Припрутье) и, в меньшей мере, воды четвертичных отложений. Спорадически участки с невысоким содержанием натрия встречаются в средне-или нижнесарматском водоносносных горизонтах.
3. Для определения пригодности подземных вод для орошения на каждом участке необходимо изучение гидрогеологических условий, химического состава подземных вод, типа почв.
4. При потребности водоотбора из подземных вод более 1000м^3/сут необходимо проведение гидрогеологических исследований с подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод и утверждением на Государственной Комиссии по Запасам.
5. Используя опыт орошения в Р.Молдова, в других странах со схожими природными условиями необходимо разработать нормативные документы, регламентирующие механизм использования подземных вод для орошения, требования к качеству поливных вод в зависимости от типа почв, вида сельскохозяйственных культур, гидрогеологических условий массивов орошения.

Литература

1. Антипов-Каратаев И.Н. Мелиорация солонцов в СССР, АН СССР, Москва, 1953, 219 с.
2. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв, Москва, 2003, 448 с.
3. Методика оценки качества воды для орошения сельскохозяйственных культур на черноземах в центрально-черноземных областях. ЦЧО, Гипроводхоз, Новочеркасск, 1988, 54 с.
4. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель. Российский НИИ Проблем Мелиорации, Новочеркаск, 2015, 141с.
5. Снеговой В.С., Гаврилица А.О. Эколологические предпосылки мелиорации земель в Молдавии. Кишинев, «Штиинца», 1988. стр
6. Розов Л.П. Мелиоративное почвоведение. СЕЛЬХОЗГИЗ, 1956, Москва, 488 с.
7. Безднина С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения, Рязань, 2013, 171 с.
8. Безднина С.Я. Качество воды для орошения, принципы и методы оценки. Москва, 1997, 186 с.
9. Продовольственная и сельскохозяйственная Программа Организации Объединенных Наций. Руководство по управлению асоленными почвами. Приложение А5. Рим, 2017.

10. Таптыков Ю. и др. Техно-рабочий проект. Орошение земель в совхозе «Кирханский» Кагульского массива. Отчет о гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях, Кишинев, 1978, 54 с.
11. Мамонтов В.Н., Маркевич В.Н. и др. Отчет о результатах гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:50000 для целей мелиорации массива орошения «Междуречье Реут – Бык». Кишинев, 1986, 552 с.
12. Мазуренко В.Н. Комплексная геологическая, гидрогеологическая и инженерно – геологическая съемка масштаба 1:50000 для целей мелиорации массива орошения «Среднее Припрутье». Кишинев, 1990, 736 с.
13. Jeleapov Victor Monitoringul apelor subterane şi crearea sistemului geoinformaţional al bazinului artezian al Republicii Moldova. Chişinău, 2014, 152 c.
14. Национальная Программа действий по борьбе с опустыниванием. Утверждена Постановлением Правительства № 367 от 13 апреля 2000 г.
15. Пеираков Е.В., Новик Р.М., Северина Н.Н., Лазаревская Л.А. Оценка перспектив использования подземных вод Молдавии для орошения. Методика и результаты исследования подземных вод Молдавии, Кишинев, «Штиинца», 1988, стр. 138-146.

Primit la redacţie – 21/07/2018

УДК 550.348.096.64

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.

Карпатское землетрясение 27 декабря 2016 года

Abstract

The article presents data on manifestation of 27 December, 2016 earthquake, felt in the territory of the Republic of Moldova. As a result, the intensity distribution map of this earthquake in Romania, Moldova, Ukraine, Bulgaria and Serbia are plotted, based on the intensity tables. Various decisions of the earthquake focus mechanism are given.

Keywords: *macroseismics, intensity, isoseism, focus mechanism.*

Rezumat

Articol prezintă datele instrumentale şi macroseismice ale cutrmurul din 27 decembrie 2016, care s-a manifestat pe teritoriul Republicii Moldova. Rezultatele sunt prezentate în forma de harta macroseismică în România, Moldova, Ucraina, Bulgaria şi Serbia. Conţine materiale de cercetare a mecanismelor focale şi tabele cu valori de intensitate.

Cuvinte cheie: *macroseismica, intensitate, izoseiste, mecanism focal.*

Резюме

Статья посвящена землетрясению 27 декабря 2016 г., которое ощущалось на территории Республики Молдова. Описан макросейсмический эффект на территории Румынии, Молдовы, Украины, Болгарии и Сербии. Представлены таблицы пунктов-баллов, карта распределения интенсивности и варианты решения механизма очага этого землетрясения.

Ключевые слова: *макросейсмика, интенсивность, изосейсты, механизм очага.*

Введение

Землетрясение 27 декабря 2016 г. произошло в области Вранча в 23 ч. 20 мин. по Гринвичу (28 декабря, 1 ч. 20 мин., по местному времени). Землетрясение сильнее всего проявилось в восточной и южной части территории Румынии, а также существенно отмечалось на севере Болгарии, в Молдове, в Одесской области Украины. Ощущалось также в Сербии. Событие схожего уровня магнитуды произошли 23 сентября 2016 г.

В таблице 1 приведены региональные параметры гипоцентра землетрясения по данным Центра мониторинга ИГС АНМ (MOLD), в сопоставлении с результатами обработки различных сейсмических служб мира [1-3]. Видно, что все определения, как и представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0,1º. Глубины очага варьируют в диапазоне 72-100 км.

Значения магнитуды по объёмным волнам *Mb*=5,4-5,6, по моменту *Mw*=5,6. [4]

Таблица 1.

Основные параметры землетрясения 27 декабря 2016 г. по данным различных агентств

Время t_0 ч м с	*φ°*	*λ°*	*h, км*	*Магнитуда M*	*Агентство*
23 20 55	45,72	26,65	100	*Mb=5,4* *ML=5,9*	MOLD
23 20 54,9	45,70	26,54	98	*Mb=5,5* *Ms=4,4*	MOS
23 20 59	45,73	26,75	90,5	*Mw=5,6*	NEIC 1
23 20 56,1	45,71	26,53	91	*Mb=5,6* *Mw=5,6*	NEIC 2
23 20 55,96	45,71	26,60	96,6	*ML=5,3* *Mw=5,6*	BUC
23 20 56,3	45,72	26,61	91	*M=5,6*	CSEM
23 20 55,6	45,63	26,50	95,7	*Mw=5,6*	GCMT
23 20 55	45,7	26,6	90	*Mw=5,7*	USGS
23 20 56,1	45,72	26,64	72	*Mb=5,4*	GFZ
23 20 55,9	45,73	26,40	93,4	*Md=5,3* *ML=5,4*	IDC

Макросейсмические данные

Для описания макросейсмического эффекта землетрясений 27 декабря использовались макросейсмические материалы, собранные непосредственно по республике Молдова, а также из доступных источников в сети Internet по Румынии, Украине, Болгарии и Сербии. Собранные сведения обработаны и оценены по макросейсмической шкале MSK-64.

В Румынии максимальная интенсивность в 5 баллов отмечена в населённом пункте *Вынэторь* (уезд Вранча). В Фокшанах, Бузэу, Галаце, Плоештах сотрясения достигали 4-5 баллов. В Болгарии сильнее всего землетрясение ощущалось в Силистре (4 балла). В таблицах 2-4 представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 27 декабря в населённых пунктах Румынии, Болгарии и Сербии по данным [3].

Таблица 2.

Пункты-баллы землетрясения 27 декабря 2016 г. на территории Румынии

№	***Населённый пункт***	***Δ, км***	***в.д.***	***с.ш.***
	5 баллов			
1	Вынэторь	53	27,25	45,72
	4-5 баллов			
2	Фокшаны	45	27,19	45,70
3	Онешть	60	26,78	46,26
4	Бузэу	66	26,82	45,15
5	Ивешть	93	27,54	46,19
6	Плоешты	98	26,03	44,94
7	Йедера-де-Жос	109	25,64	45,02
8	Урзичень	112	26,64	44,72
9	Галац	115	28,02	45,43
4 балла				

№	Населённый пункт	Δ, км	в.д.	с.ш.
10	Валя-Сякэ	52	26,12	46,08
11	Зэрнешть	55	26,87	45,30
12	Гидфалэу	60	25,84	45,91
13	Аджуд	61	27,18	46,10
14	Сфынту-Георге	65	25,79	45,86
15	Брашов	79	25,60	45,65
16	Синая	93	25,55	45,35
17	Брэила	117	27,96	45,27
18	Тырговиште	127	25,45	44,92
19	Фэгэраш	128	24,97	45,84
20	Корбянка	131	26,04	44,59
21	Бухарест	149	26,10	44,43
22	Попешть-Леордень	152	26,19	44,38
23	Яссы	176	27,59	47,16
3-4 балла				
24	Бакэу	97	26,92	46,57
25	Бырлад	100	27,67	46,23
26	Кымпулунг	133	25,05	45,27
27	Васлуй	134	27,73	46,64
28	Пьятра-Нямц	135	26,37	46,93
29	Штефэнештий-де-Жос	136	26,20	44,53
30	Роман	137	26,93	46,93
31	Афумаць	138	26,25	44,52
32	Волунтарь	140	26,17	44,50
33	Тэмэшень	143	26,95	46,99
34	Кьяжна	150	25,97	44,46
35	Хуши	154	28,06	46,67
36	Мьовень	156	24,94	44,96
37	Мэгуреле	157	26,04	44,36
38	Тыргу-Фрумос	168	27,01	47,21
39	Пашкань	169	26,72	47,24
40	Басков	170	24,81	44,90
41	Кэлэрашь	177	27,33	44,20
42	Тулча	181	28,80	45,18
43	Хырлэу	191	26,90	47,43
44	Джурджу	208	25,97	43,90
45	Меджидия	210	28,27	44,25
46	Хлипичень	212	27,15	47,59
47	Александрия	219	25,33	43,97
48	Рошиорий-де-Веде	220	24,99	44,11
49	Ботошань	225	26,65	47,74
50	Слатина	228	24,37	44,43
51	Констанца	234	28,64	44,17
52	Кумпана	238	28,55	44,11
3 балла				
53	Питешть	166	24,87	44,86
54	Тыргу-Муреш	179	24,56	46,54
55	Медьяш	183	24,35	46,16

№	Населённый пункт	Δ, км	в.д.	с.ш.
56	Рымнику-Вылча	188	24,37	45,10
57	Сибиу	192	24,15	45,79
58	Фэлтичень	194	26,30	47,46
59	Сучава	218	26,26	47,65
60	Влэдень	221	26,52	47,71
61	Извоареле	236	25,39	43,82
62	Зимнича	250	25,37	43,66
63	Турну-Мэгуреле	257	24,87	43,75
64	Мангалия	263	28,58	43,81
65	Крайова	271	23,81	44,32
66	Мотру	303	22,97	44,80
2-3 балла				
67	Каракал	254	24,35	44,11
68	Вулкан	262	23,30	45,38
69	Герчешть	263	23,90	44,35
70	Бэйлешть	319	23,35	44,02
71	Дробета-Турну-Северин	333	22,66	44,64
2 балла				
72	Сату-Маре	368	22,87	47,80
73	Тимишоара	420	21,23	45,76
74	Банлок	429	21,14	45,39
Не ощущалось				
75	Клуж-Напока	257	23,60	46,77

Таблица 3.

Пункты-баллы землетрясения 27 декабря 2016 г. на территории Болгарии

№	Населённый пункт	Балльность землетрясения	Δ, км	в.д.	с.ш.
1	Силистра	*4 балла*	186	27,27	44,11
2	Тутракан	*3-4 балла*	185	26,62	44,04
3	Водно		211	27,15	43,86
4	Русе		215	25,96	43,84
5	Брестовене		218	26,60	43,76
6	Дулово		221	27,14	43,82
7	Разград		243	26,53	43,53
8	Свиштов		254	25,35	43,62
9	Добрич		258	27,83	43,57
10	Шумен		273	26,94	43,27
11	Беломорцы		288	26,43	43,14
12	Варна		297	27,91	43,21
13	Никопол	*3 балла*	261	24,89	43,70
14	Опака		262	26,17	43,45
15	Полски-Трымбеш		272	25,63	43,37
16	Горна-Студена		275	25,35	43,42
17	Карайсен		279	25,34	43,38
18	Провадия		280	27,44	43,18
19	Балчик		286	28,16	43,43
20	Павликени		295	25,31	43,24

№	Населённый пункт	Балльность землетрясения	Δ, км	в.д.	с.ш.
21	Плевен		302	24,62	43,41
22	Велико-Тырново		305	25,62	43,08
23	Хырлец		313	23,83	43,71
24	Ямбол		349	26,50	42,48
25	Видин		351	22,87	43,99
26	Бургас		363	27,46	42,50
27	Тырговиште	*2-3 балла*	277	26,57	43,25
28	Бяла-Черква		298	25,31	43,21
29	Севлиево		322	25,10	43,03
30	Ловеч		324	24,71	43,14
31	Червен-Бряг		337	24,08	43,28
32	Сливен		338	26,33	42,67
33	Карлово		372	24,81	42,64
34	Правец		380	23,92	42,89
35	Выршец		383	23,29	43,19
36	Искрец		405	23,25	42,99
37	София		426	23,31	42,69
38	Стара-Загора	*2 балла*	374	25,63	42,43
39	Пловдив		425	24,74	42,15
40	Хасково		429	25,56	41,93
41	Велинград		461	23,99	42,03
42	Благоевград		499	23,09	42,01

Таблица 4.

Пункты-баллы землетрясения 27 декабря 2016 г. на территории Сербии

№	Населённый пункт	Балльность землетрясения	Δ, км	с.ш.	в.д.
1	Кладово	*2-3 балла*	338	22,61	44,61
2	Заечар		399	22,28	43,90
3	Бор		401	22,10	44,07
4	Княжевац		421	22,25	43,57
5	Донья-Врежина	*2 балла*	450	21,95	43,33
6	Ковин		455	20,98	44,75
7	Ниш		460	21,90	43,32
8	Ягодина		465	21,26	43,98
9	Крушевац		485	21,33	43,58
10	Кралево		518	20,69	43,72
11	Рибница		519	20,69	43,67

Макросейсмическое проявление на территории Республики Молдовы

Землетрясение 27 декабря 2016 г. в Молдове произошло в 1 ч. 20 мин. (28 декабря) по местному времени, когда жители страны спали. Телефон на сейсмической станции *«Кишинёв»* звонил непрерывно, и взволнованные жители сообщали о проявлении колебаний во всех районах и на всех этажах зданий. Многие спящие просыпались, некоторые жители нижних этажей покидали помещение. Наблюдалось случаи раскачивания висячих предметов, дребезжания стёкол, падения неустойчивых предметов. Ощутили 1-2 толчка, чувствовали покачивание. Перед землетрясением слышался гул, беспокоились животные.

На юго-западе Республики Молдовы эффект землетрясения был сильнее. В городах *Кагул* и *Леово* большинство жителей проснулись. Перед землетрясением слышался гул, словно по улице проходил тяжело гружёный транспорт. В домах качались люстры, лампочки, звенели оконные стёкла. Дребезжали двери, окна, слышался скрип пола. Животные беспокоились. Многие люди вышли во двор, где также ощущали колебания в течение нескольких секунд [3].

Житель *г. Вадул-луй-Водэ*, живущий в индивидуальном доме сообщает: «вначале услышал только легкое потрескивание обоев и уже начал подниматься с постели. Как раз в это время и прилетел основной толчок, секунд 5, не больше. Первый этаж индивидуального дома. Уйма собак бегают вокруг, но никто из них не лаял и не выл. Легкий гул был слышен еще минуты 3 после толчка» [3].

Бельцы. «Три толчка в течение 30 сек.».

Бендеры. «Зашатало так, словно поезд рядом идет или фура».

Сороки. «Примерно в 1:20/1:21 немного встряхнуло один раз, а второй раз немного подольше». [3]

В таблице 5 отражены результаты обработки макросейсмической информации об этом землетрясении в 22 населённых пунктах Молдовы по шкале MSK-64.

Таблица 5.

Пункты-баллы землетрясения 27 декабря 2016 г. на территории Молдовы

№	*Населённый пункт*	*Балльность землетрясения*	*Δ, км*	*с.ш.*	*в.д.*
1	Кагул	*4-5 баллов*	125	28,20	45,90
2	Леово		154	28,26	46,48
3	Твардица	*4 балла*	189	28,97	46,15
4	Яловены		216	28,78	46,94
5	Кишинёв		225	28,84	47,02
6	Новые Анены		240	29,23	46,88
7	Гура-Галбеней	*3-4 балла*	194	28,70	46,70
8	Ниспорены		195	28,17	47,08
9	Ставчены		232	28,87	47,09
10	Криково		234	28,86	47,14
11	Каушаны		240	29,41	46,65
12	Вадул-луй-Водэ		243	29,08	47,09
13	Октябрьское		244	27,95	47,72
14	Оргеев		247	28,83	47,38
15	Бельцы		249	27,92	47,76
16	Бендеры		252	29,46	46,82
17	Криуляны		256	29,16	47,21
18	Тирасполь		264	29,62	46,85
19	Оланешты	*3 балла*	270	29,92	46,50
20	Дондюшаны		287	27,60	48,24
21	Рыбница		293	29,02	47,76
22	Сороки		299	28,29	48,16

Макросейсмическое проявление на территории Украины

Жители многих городов Украины ощутили подземные толчки землетрясения 27 декабря. По сообщениям пользователей социальных сетей, сильнее всего землетрясение ощущалось в *Одесской* области. Также оно существенно проявилось

в *Черновцах*. В *Киеве* «толчки длились около минуты, качало мебель и люстры». Сообщений о замеченных сотрясениях в городах Крыма не поступало.

Издание «Вести» от 28 декабря сообщает: «Кроме одесситов, землетрясение заметили жители *Закарпатья, Винницы, Николаева и Киева*. По словам очевидцев, заметнее всего подземные толчки были для жителей высотных домов – качались люстры, открывались и закрывались двери, звенела посуда и так далее. Продолжались толчки примерно 10-15 секунд. В *Одессе* прошедшее землетрясение чувствовалось особенно сильно (в течение 20-30 сек.) из-за грунтовых особенностей региона. Многие заметили его в *Рени, Измаиле* и *Болграде*.» [5]

Информационный ресурс «Кривой Рог» от 28 декабря: «Подземные колебания ощутили на себе и украинцы. Так, пользователи социальных сетей сообщают, что толчки наблюдались в *Одессе, Днепре, Киеве, Николаеве, Хмельницком, Черновцах* и в *Кривом Роге*». [6]

В таблице 6 представлены значения интенсивности в населённых пунктах Украины.

Таблица 6.

Пункты-баллы землетрясения 27 декабря 2016 г. на территории Украины

№	*Населённый пункт*	*Балльность землетрясения*	*Δ, км*	*с.ш.*	*в.д.*
1	Измаил	*4 балла*	182	28,83	45,35
2	Рени	*3-4 балла*	134	28,28	45,45
3	Болград		156	28,62	45,68
4	Старая Некрасовка		189	28,92	45,34
5	Черновцы	*3 балла*	291	25,94	48,29
6	Сокиряны		309	27,41	48,45
7	Могилёв-Подольский		316	27,80	48,45
8	Котовск		317	29,53	47,75
9	Одесса		329	30,72	46,48
10	Южное		361	31,10	46,62
11	Жмеринка	*2-3 балла*	384	28,10	49,04
12	Хмельницкий		413	26,99	49,42
13	Винница		415	28,47	49,23
14	Южноукраинск		420	31,17	47,82
15	Николаев		437	31,99	46,98
16	Киев		607	30,52	50,45
17	Ужгород	*2 балла*	456	22,29	48,62
18	Кривой Рог		572	33,39	47,91
19	Александрия		590	33,11	48,67
20	Днепропетровск		711	35,04	48,46
21	Мариуполь		856	37,56	47,11

На основе таблиц 2-6 была построена сводная карта изосейст землетрясения 27 декабря 2016 г. (рис. 1).

В северо-восточном направлении усиление макросейсмического эффекта наблюдается в сторону Одессы. Колебания достигли Мариуполя на востоке и Киева на севере. В юго-западном направлении колебания охватили всю Болгарию и большую часть Сербии. На северо-западе землетрясение ощущалось в Ужгороде. В Республике Молдове отмечалась интенсивность от 4-5 баллов на юго-западе до 3 баллов на севере страны.

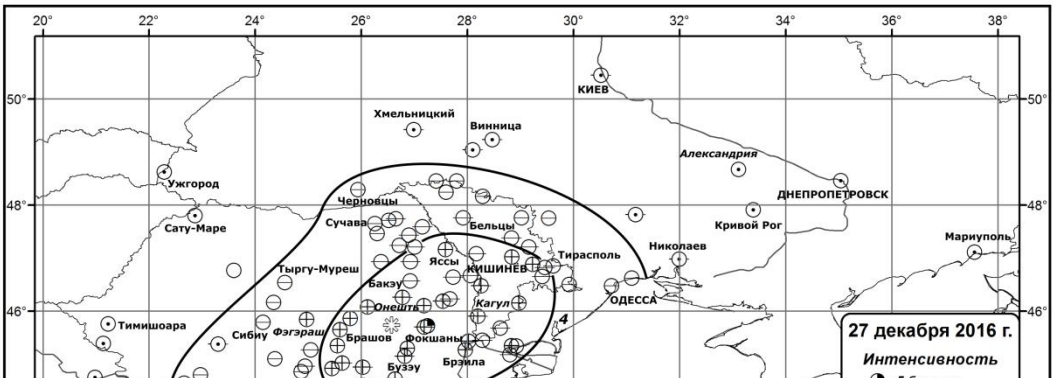


Рис. 1. Макросейсмическое проявление землетрясения 27 декабря 2016 г.

Механизм очага землетрясения 27 декабря 2017 г.

По первым вступлениям P-волн [7] получено решение механизма очага MOLD. Построение было выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу, с использованием 161 знака (87 – сжатие, 74 – разрежение) [1]. Полученное решение согласуется с решениями по методу тензора момента центроида по данным агентств GCMT, NEIC, USGS, GFZ, BUC [1-3]. Ось сжатия близгоризонтальна (*PL* = 3-8º), азимут оси 34-40º (табл. 7, рис. 2). Пологая плоскость разрыва NP1 (*STK* = 129-135º) надвигается с юго-западной стороны на северо-восточную в соответствии с надвиганием Восточных Карпат на Предкарпатский прогиб. Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-западное–юго-восточное простирание. Характер подвижки надвиговый с небольшой сдвиговой компонентой.

Таблица 7.

Параметры механизма очага землетрясения 28 декабря 2016 г. по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
	P		*N*		*T*		*NP1*			*NP2*		
	PL	*AZM*	*PL*	*AZM*	*PL*	*AZM*	*STK*	*DP*	*SLIP*	*STK*	*DP*	*SLIP*
MOLD	5	34	6	304	84	154	130	40	100	298	50	84
GCMT	5	42	2	310	83	230	131	38	91	310	52	90
NEIC 1	6	41	0	311	84	217	132	39	91	311	51	89
NEIC 2	5	38	2	308	85	199	130	40	92	306	50	88
USGS	3	38	2	308	86	216	135	38	99	304	53	83
GFZ	8	40	5	310	80	176	129	40	92	306	49	87
BUC	6	43	4	132	83	258	129	40	84	317	51	95

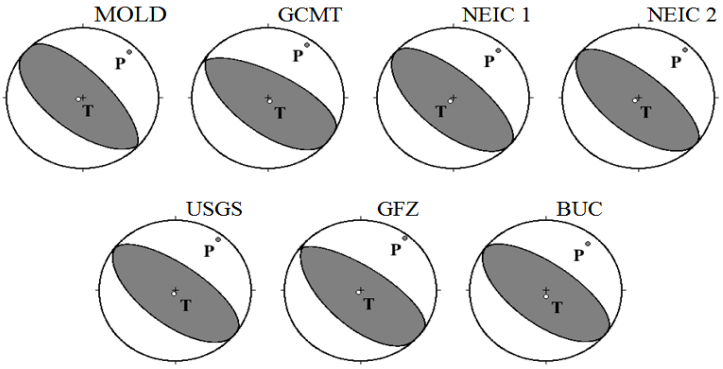


Рис. 2. Стереограммы механизмов очагов землетрясения 27 декабря 2016 года в проекции нижней полусферы.

1 - ✕ - нодальные линии, 2,3 - ○ – оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T) соответственно. Зачернена область волн сжатия.

Выводы

Землетрясения 27 декабря 2016 г. явилось одним из наиболее важных сейсмических событий за последние 13 лет наблюдений в области Вранча, охватив всю Румынию, Болгарию, большую часть Сербии и Украины.

Очаг землетрясения 27 декабря приурочен к северо-восточной части фокальной зоны и глубине порядка 90-95 км. Интенсивность колебаний на территории Республики Молдовы достигала 4-5 баллов. Карта изосейст землетрясения построена по данным наблюдений в 171 населённом пункте Юго-восточной Европы.

Механизм очага является типичным для промежуточных очагов области Вранча. Субгоризонтальные силы сжатия направлены вкрест простирания Восточных Карпат. Северо-восточный борт разрыва надвигается на юго-восточный борт.

Литература

1. International Seismological Centre. On-line bulletin. Thatcham, UK. http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/.
2. Institutul Naţional pentru Fizica Pamântului. Măgurele, România. http://www.infp.ro/
3. EMSC. Earthquake information Euro-Med seismicity. Real time seismicity. http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php
4. Raport cutremur 28.12.2016, Zona Vrancea. INFP. http://www.infp.ro/
5. Сильнее всего в Украине землетрясение почувствовали в Одессе. https://vesti-ukr.com/odessa/217497-cilnee-vceho-v-ukraine-zemletrjacenie-pochuvctvovali-v-odecce
6. Где в Кривом Роге ощущались отголоски румынского землетрясения? http://kr24.com.ua/news/gde-v-krivom-roge-oschuschalis-otgoloski-rumynskogo-zemletrjasenija
7. Введенская А.В. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. Москва: Наука, 1969. 136 с.

Primit la redacţie – 22/03/2018

УДК 550.348.096.64

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.

Макросейсмическое поле сильнейшего в XXI веке землетрясения области Вранча 27 октября 2004 года

Abstract

The article presents data on manifestation of 27 October 2004 earthquake, felt in the territory of the Republic of Moldova. As a result, the intensity distribution map of this earthquake in Romania, Moldova, Ukraine, Bulgaria and Serbia are plotted, based on the intensity tables. Various decisions of the earthquake focus mechanism are given.

Key words: *macroseismics, intensity, isoseism, focus mechanism.*

Rezumat

Articol prezintă datele instrumentale şi macroseismice ale cutrmurul din 27 octombrie 2004, care s-a manifestat pe teritoriul Republicii Moldova. Rezultatele sunt prezentate în forma de harta macroseismică în România, Moldova, Ucraina, Bulgaria şi Serbia. Conţine materiale de cercetare a mecanismelor focale şi tabele cu valori de intensitate.

Cuvinte cheie: *macroseismica, intensitate, izoseiste, mecanism focal.*

Резюме

Статья посвящена землетрясению 27 октября 2004 г., ощущавшемуся на территории Республики Молдова. Описан макросейсмический эффект на территории Румынии, Молдовы, Украины, Болгарии и Сербии. Сопоставлены карты распределения интенсивности различных авторов и в результате создана обобщённая карта изосейст. Представлены варианты решения механизма очага этого землетрясения.

Ключевые слова: *макросейсмика, интенсивность, изосейсты, механизм очага.*

Введение

27 октября 2004 г. произошло наиболее крупное излучение сейсмической энергии в Карпатском регионе после сейсмического дубля 1990 г. Это событие хотя и уступает по своим энергетическим характеристикам сильнейшим землетрясениям области Вранча, но значительно превосходит по магнитуде уровень сейсмического фона. Землетрясение ощущалось на территории Румынии, Болгарии, Сербии, Республики Молдовы и большей части Украины.

Поскольку событие 27 октября не является рядовым землетрясением, было решено пересмотреть имеющуюся информацию. Оно в разное время было исследовано авторами из этих стран. Проанализировав карты пунктов-баллов и сопоставив макросейсмические данные, мы построили обобщённую карту изосейст.

Карта пунктов-баллов является неизменной основой различных вариантов карт изосейст. В настоящее время применяется стандартная легенда балльности с точностью до ½ балла (рис.1):

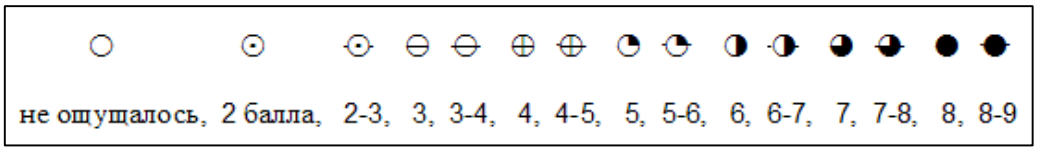


Рис. 1. Стандартная легенда интенсивности.

В таблице 1 приведены региональные параметры гипоцентра землетрясения по данным Центра мониторинга ИГС АНМ (MOLD), в сопоставлении с результатами обработки различных сейсмических служб мира [1-3].

Таблица 1.

Основные параметры землетрясения 27 октября 2004 г. по данным различных агентств

Время t_0 *ч м с*	φ°	λ°	*h, км*	*Магнитуда M*	*Агентство*
20 34 36,2	45,78	26,55	90	*Mb*=5,8	MOLD
20,34 35,76	45,78	26,60	98,5	*Mb*=5,6	ISC
20 34 35,4	45,79	26,63	93,0	*Mb*=5,5	MOS
20 34 36,81	45,84	26,63	96,0	*Mb*=5,8	NEIC
20 34 36,0	45,73	26,67	105,4	*Mw*=6,0	BUC
20 34 36,8	45,72	26,55	93,8	*Mb*=5,8	HRVD

Как видно из данных таблицы 1, координаты эпицентра землетрясения 27 октября совпадают по широте и долготе в пределах 0,12º, по глубине – в пределах 90 - 105 км. Очаг землетрясения приурочен к северо-восточной части и верхнему этажу глубин фокальной зоны подкоровых землетрясений области Вранча. Значения магнитуды по объёмным волнам M_b = 5,5-5,8.

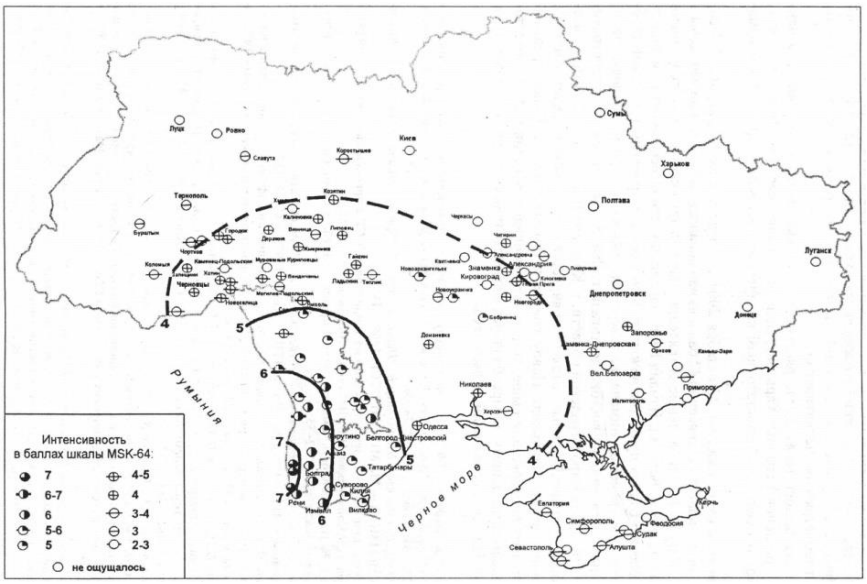
Макросейсмические данные

Подробному исследованию землетрясения 27 октября 2004 года были посвящены работы молдавских и украинских сейсмологов [4-6]. В них представлены результаты анализа макросейсмических проявлений этого события на территории Украины и Молдовы. На карты нанесено 188 значений пунктов-баллов. Для территории Молдовы определена интенсивность в 30 населённых пунктах, для Украины – в 158 пунктах. Также есть вариант карты изосейст в Атласе землетрясений [7].

Недавно появилась публикация румынских сейсмологов, в которой приведена карта пунктов-баллов на территории Румынии [8]. Поэтому мы вернулись к исследованию этого землетрясения для построения обобщённой карты изосейст с использованием макросейсмических данных, нанесённых на карты пунктов-баллов, для территории Румынии, Молдовы, Украины и Болгарии.

Карта изосейст, представленная на рисунке 2 [5], охватывает территорию Молдовы и Украины. Согласно этой карте, 6-балльные сотрясения охватывают южную часть Молдовы и юго-западную часть Одесской области Украины. Изосейста 5 баллов проходит между гг. Белгород-Днестровским и Одессой северо-западнее Днестровского лимана, на севере захватывает город Сороки, Молдова. 4-балльные сотрясения на

востоке достигали Запорожья, на севере доходили до городов Городок, Козятин и Чигирин. В Крыму отмечены колебания интенсивностью 3-4 балла. Из-за недостаточного количества данных 4-балльная изосейста проведена предположительно, а зона 3-балльных сотрясений не выделена.


Интенсивность
в баллах шкалы MSK-64:
7
6-7
6
5-6
5
4-5
4
3-4
3
2-3
не ощущалось
Румыния
Черное море
Киев
Полтава
Харьков
Луганск
Днепропетровск
Донецк
Запорожье
Одесса
Николаев
Херсон
Симферополь
Севастополь
Феодосия
Алушта
Ялта
Евпатория
Измаил
Белгород-Днестровский
Тирасполь
Кишинев
Черновцы
Ровно
Луцк
Житомир
Чернигов
Сумы
Кировоград
Мариуполь
Бердянск
Мелитополь
Приморск
Кривой Рог
Ананьев
Рени
Вилково
Суворово
Татарбунары
Аккерман
Котовск
Кагул
Комрат
Бельцы
Сорока
Унгены
Дрокия
Бал.Белозерка
Кальчик
Ивано-Франковск
Тернополь
Хмельницкий
Винница
Житомир
Луцк
Ровно
Черновцы
Ивано-Франковск
Тернополь

Обобщённая карта изосейст землетрясения 27 октября приведена в Атласе карт изосейст землетрясений Молдовы [7] (рис. 3). На которой, помимо Молдовы и Украины, нанесено небольшое число пунктов-баллов на территории Румынии, Болгарии и Сербии. Проведённые изосейсты 3-5 баллов для Молдовы и Украины хорошо согласуется с картой на рисунке 2.

Исследованию макросейсмического проявления землетрясения 27 октября на территории Румынии посвящена работа [8]. По данным авторов, землетрясение произошло в 20 ч. 34 м. 36,4 с. на глубине 99 км, с магнитудой *Mw* = 6 и координатами 45,82º с.ш. и 26,62º в.д. На рисунке 4 приведена карта (всего 475 пунктов), на которой нанесены пункты-баллы по шкале MSK-64, обозначенные определённым цветом.

Колебания интенсивностью от 3 до 7 баллов охватили южную, восточную и центральную части румынской территории. Распространение колебаний на северо-западную часть препятствует Карпатская дуга. На карте отмечено 12 населенных пунктов, где землетрясение проявилось с 7-балльной интенсивностью. В Бухаресте и Яссах были 6-балльные колебания. Подобное значение интенсивности зарегистрировано у границ Молдовы и юго-западной Украины, что состыкуется с проведёнными изосейстами на картах для территорий этих стран (рис. 2 и 3). Для территории Румынии данные интенсивности оцениваются на 0,5-1 балл выше.

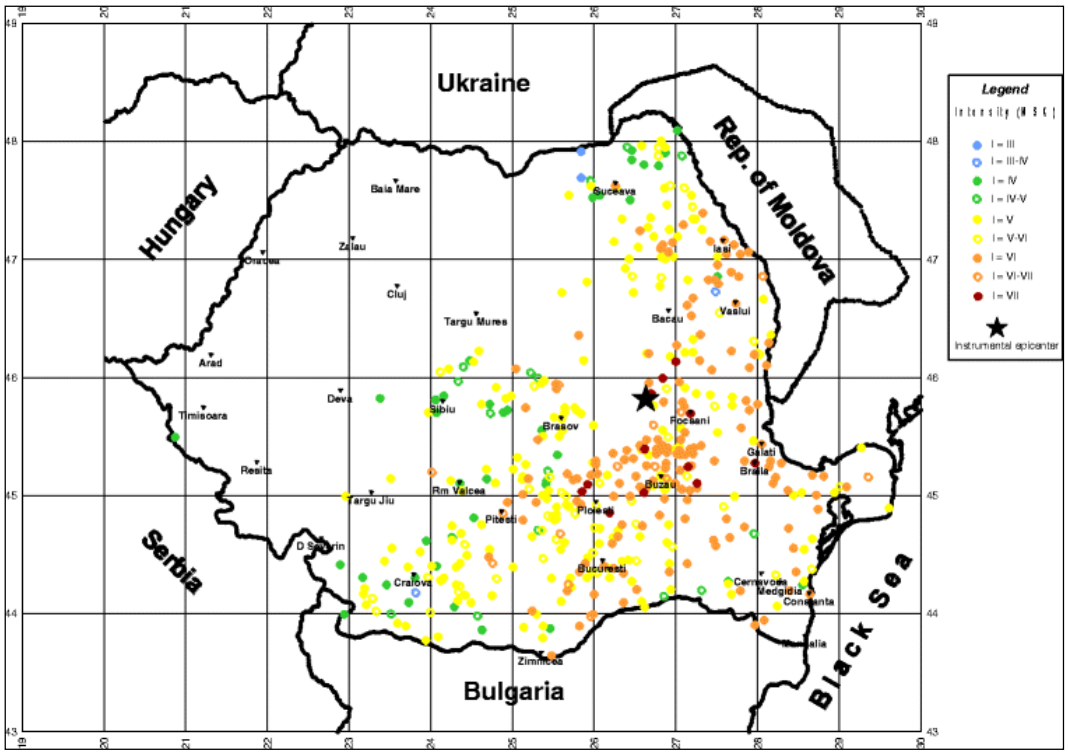


Рис. 4. Карта макросейсмического поля территории Румынии для землетрясения 27 октября 2004 г. по [8].

Так как для территории Румынии появилась более подробная информация о землетрясении 2004 г., мы попытались построить новую карту макросейсмического поля. Отметим, что при этом особенное значение имеет единообразный подход к решению макросейсмических задач в Румынии и в Молдове. Как показал опыт макросейсмических исследований землетрясений, часто оценки интенсивности в пограничных Румынии и Молдове районах сейсмологами двух стран для одного и того же землетрясения не сопоставимы, что не позволяет построить достаточно уверенно карту изосейст. В случае события 2004 г. интенсивность в населённых пунктах Румынии, Молдовы и Украины оценивалась по единой шкале MSK-64.

Были проведены линии изосейст *I* = 4-7 баллов по территории Румынии, Молдовы, Украины, Болгарии и Сербии на основе карт 2-4, по правилу аппроксимации группы точек некоторой кривой. Построение карты начинается с определения положения макросейсмического эпицентра, затем приближённо оконтуривается зона ощущаемости землетрясения. После этого строятся индивидуальные изосейсты от низких баллов к высшим.

Для территории Румынии за основу взяли интенсивность в пунктах-баллах из карты [8], для Болгарии и Сербии из [7], для Молдовы и Украины из [5-7].

Как видно на карте (рис. 5), 7-балльная зона ограничивается небольшим участком на территории Румынии, 6-балльная захватывает юго-запад Республики Молдовы и Одесской области, а также касается северной границы Болгарии. Зона в 5 баллов охватывает половину Румынии, почти всю Молдову и Северную Болгарию. Изосейсты 3 и 4 балла доходя до Днепра на Востоке, Киева на Севере, Белграда на Западе и до турецкой границы на Юге.

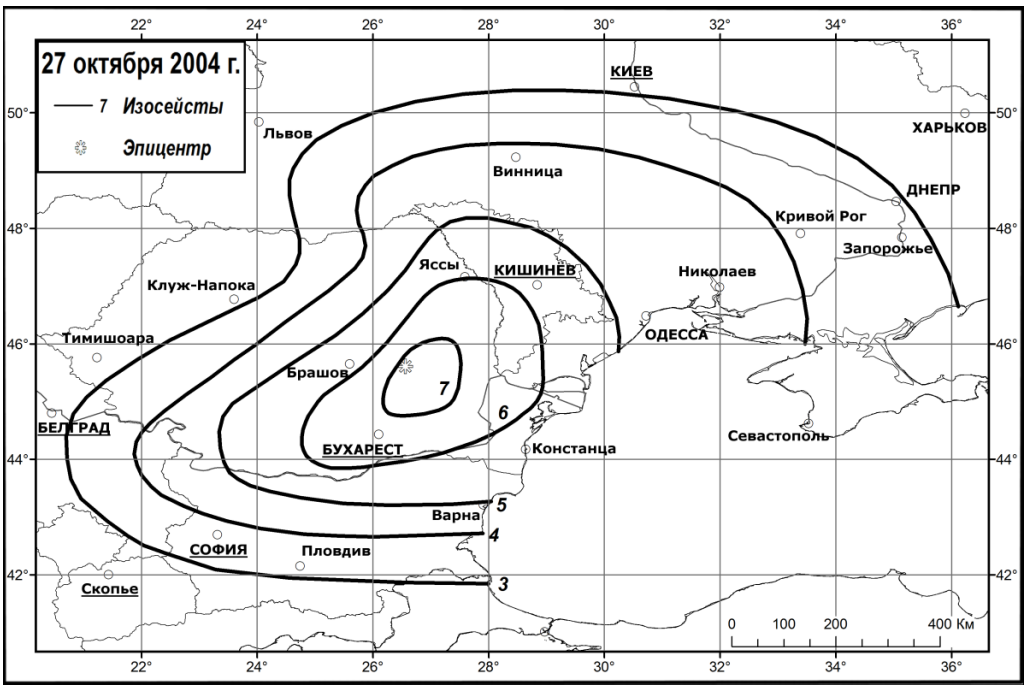


Рис. 5. Обобщённая карта изосейст землетрясения 27 октября 2004 г.

Механизм очага

Нами получено решение механизма очага землетрясения 27 октября 2004 г. (MOLD) по стандартной методике А.В. Введенской [9]. Имеются также решения механизма очага по методу тензора момента центроида из бюллетеня ISC [1] Решения представлены в табличном (табл. 2) и в графическом виде (рис. 6) в проекции нижней полусферы.

Механизм очага по первым вступлениям определён на основе 210 знаков вступлений P-волн (104 – сжатие, 106 – разрежение). Знаки хорошо разделяются на стереографической проекции. Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-западное – юго-восточное простирание и наклонены к горизонту под углом в 46 градусов. Ось сжатия горизонтальна. Характер подвижки по обеим плоскостям взбросовый с небольшой сдвиговой компонентой.

Решения №2-5 по методу тензора момента центроида практически совпадают между собой и характеризуются одной крутой, ориентированной на северо-восток – юго-запад, и другой пологой плоскостью. Ориентация осей напряжений во всех случаях почти одинакова. Поскольку при различных вариантах расчёта крутая плоскость оказалась более устойчивой, её можно принять за возможную плоскость разрыва. Очаг представлен взбросо-сдвиговой подвижкой вдоль крутой плоскости.

Разница в решениях механизмов очага, полученных по тензору момента центроида и по первому вступлению P-волны указывает на изменения направления в процессе разрывообразования, происходящими в очаге землетрясения.

Таблица 2.

Параметры механизма очага землетрясения 27 октября 2004 г.

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
	P		*N*		*T*		*NP1*			*NP2*		
	AZM	*PL*	*AZM*	*PL*	*AZM*	*PL*	*STK*	*DP*	*SLIP*	*STK*	*DP*	*SLIP*
MOLD	237	1	328	10	147	81	157	46	104	317	46	76
HRVD	294	34	37	17	149	51	219	81	107	335	19	27
NEIC1	278	35	26	23	142	45	208	85	114	310	24	13
NEIC2	289	22	34	34	172	48	225	75	125	335	38	25
ZUR	304	32	38	6	137	58	219	77	96	14	14	66

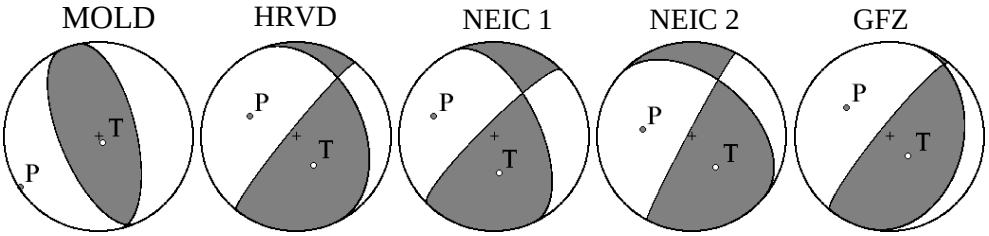


Рис. 6. Варианты решений механизма очага землетрясения 27 октября 2004 г.в проекции на нижнюю полусферу

1 - ✕ - нодальные линии, 2,3 - ○ – оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T) соответственно. Зачернена область волн сжатия.

Выводы

Анализ совокупности сейсмологических материалов позволяет сделать вывод, что карпатское землетрясение 27 октября 2004 г. произошло под действием регионального близгоризонтального напряжения сжатия в северо-восточной фокальной зоне области Вранча на глубине порядка 100 км.

Уточнена карта макросейсмического поля землетрясения с привлечением опубликованных данных исследования румынских сейсмологов. Пункты-баллы на картах молдавских и украинских сейсмологов обозначены черно-белыми кружками с зачерненными секторами. На румынской карте пункты показаны в цвете, что нам представляется неудобным для интерпретации поля интенсивности. Согласованные изолинии балльности этого землетрясения по шкале MSK-64 представлены на итоговой карте изосейст.

Землетрясение 27 октября 2004 года с величиной магнитуды Mw = 6, детально исследованное, может служить образцом для уточнения параметров некоторых исторических землетрясений области Вранча.

Литература

1. Bulletin of the International Seismological Centre. http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/
2. The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC-CSEM), Earthquake information. http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php
3. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. http://www.infp.ro/romplus/
4. Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Макросейсмические данные о сейсмичности Карпат за 2004 год. Buletinul Institutului de Geofizica si Geologie al Academiei de Stiinte a Moldovei. N1, 2005. P. 21-26.
5. Скляр А.М., Князева В.С., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В. Макросейсмический эффект карпатского землетрясения 27 октября 2004 г. на территории Украины и Республики Молдова. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. Севастополь, 2006. С. 132-144.
6. Скляр А.М., Князева В.С., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В. Ощутимое на Украине и в Молдове землетрясение 27 октября 2004 года с K_P=15.4, Mw=5.8, I_0=6 (Карпатский регион) // Землетрясения Северной Евразии в 2004 году Обнинск: ГС РАН, 2010 С.379 – 385.
7. Друмя А.В., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Карданец В.Ю. Атлас карт интенсивности землетрясений Молдовы (XVIII-XXI вв.). Кишинёв, 2009. 154 с.
8. Constantin A.P., Pantea A. Macroseismic field of the October 27, 2004 Vrancea (Romania) moderate subcrustal earthquake. Journal of seismology. V 17, 2013. P. 1149-1156.
9. Введенская А.В. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. Москва: Наука, 1969. 136 с.

Primit la redacţie – 20/02/2018

УДК 624.131

Troian S.

Evaluarea riscului seismic al fondului imobiliar al Republicii Moldova

Abstract

Building vulnerability and seismic risk evaluation are crucial elements for the protection of the citizens of the Republic of Moldova. Considering its age and the outdated materials and technologies used in the construction process, the national building stock is in urgent need for detailed investigation and analysis in order to determine its capacity to withstand future earthquakes.Seismic risk evaluation will allow to quantify the economic, social and environmental damages a future seismic event can cause. The results of this evaluation will also come in hand to government bodies in planning and directing resources into prevention of human and material losses.

Key words: *vulnerability, seismic risk.*

Rezumat

Analiza vulnerabilităţii şi evaluarea riscului seismic sunt fundamentale pentru protejarea cetăţenilor şi infrastructurii Republicii Moldova. În lucrarea prezenă a fost evaluat şi analizat minuţios fondul construit al ţării din punctul de vedre al capacităţii de rezistenţă al acestuia la viitoarele cutremure; de asemenea, a fost evaluat riscul seismic pentru două scenarii de cutrremure (analogic celui din 10.11.1940 şi cel mai nefavorabil). Evaluarea riscului seismic realizată în lucrare, va permite cuantificarea consecinţelor economice, sociale şi naturale care pot fi cauzate de un potenţial eveniment seismic. Rezultatele evaluării, de asemenea, vor permite instituţiilor de resort să-ţi concentreze resursele spre a preveni pierderi umane şi materiale.

Cuvinte cheie: *vulnerabilitate, riscului seismic.*

Резюме

Оценка уязвимости и сейсмического риска являются важнейшими элементами защиты граждан Республики Молдова. Учитывая возраст и устаревшие материалы и технологии, используемые в процессе строительства, национальному строительному фонду срочно требуется подробное исследование и анализ, чтобы определить его способность противостоять будущим землетрясениям. Оценка сейсмического риска позволит количественно оценить экономические, социальные и экологические последствия будущего сейсмического события. Результаты этой оценки также помогут государственным органам в планировании и управлении ресурсами в целях предотвращения человеческих и материальных потерь.

Ключевые слова: *уязвимость, сейсмический риск.*

Introducere

Cutremurele de pământ sunt hazarduri care pot cauza pierderi materiale, disfuncţii inginereşti, haos social şi chiar pierderi de vieţi omeneşti. Toate aceste efecte însă nu sunt cauzate nemijlocit de seism, dar de deteriorarea sau prăbuşirea construcţiilor în urma acestora. Cel mai iminent risc seismic în Republica Moldova este determinat de focarul seismic Vrancea, care a cauzat multe pagube de-a lungul sec. XX: zeci de mii de clădiri

avariate, mii de clădiri complet distruse şi sute de decese înregistrate. Fondul construit al Republicii Moldova se află într-o stare nesatisfăcătoare, 80% din clădiri fiind construite până în 1993, iar 25% chiar înaine de 1978. Deci, aceste clădiri prezintă un pericol iminent pentru societate, şi contribuie considerabil la sporirea riscului seismic pe teritoriul ţării. Riscul seismic este direct proporţional cu convoluţia dintre hazardul seismic, expunerea entităţilor şi vulnerabilitatea acestora. Dacă primii doi factori vin practic ca date asumate, vulnerabilitatea clădirilor este factorul care poate fi controlat de om. Astfel, pentru a defini cuantitativ riscul seismic, este important de calculat valoarea vulnerabilităţii unei clădiri, zone urbane, teritoriu sau ţări. Evaluarea riscului seismic ar permite concentrarea şi focusarea strategiilor, investiţiilor şi reformelor spre zonele vulnerabile ale ţării, care sunt cele mai expuse pericolului hazardului seismic. De asemenea, evaluarea riscului şi prognoza riscului ar permite instituţiilor specializate elaborarea diferitor scenarii de reacţii în cazul în care teritoriul Republicii Moldova va fi din nou afectatde un seism important. Astfel, importanţa analizei vulnerabilităţii şi evaluarea riscului seismic este definitorie pentru protejarea cetăţenilor Republicii Moldova şi pentru asigurarea unui mediu sigur şi prosper pentru viitoarele generaţii.

Riscul seismic este recunoscut drept combinaţia dintre hazard şi vulnerabilitate, iar formula de calcul poate fi reprezentată în felul următor:

$$R_{ij} = H_j \times V_{ij} \qquad (1)\ [2,3],$$

unde: R_{ij} - riscul - probabilitatea sau rata medie de avariere al elementului *i*, provocată de mişcarea terenului la cutremurul de severitate *j*;

H_j - hazardul - probabilitatea sau rata medie aşteptată de apariţie a mişcării terenului la cutremurul de severitate *j*;

V_{ij} - vulnerabilitatea seismică - nivelul de avariere care ar putea fi provocat elementului *i*, ca un rezultat al mişcării terenului la cutremurul de severitate *j*.

Vulnerabilitatea seismică reprezintă caracteristica calitativă de susceptibilitate a elementelor de a avea efecte adverse în cazul unor potenţiale seisme[5]. Determinarea vulnerabilităţii unei structuri sau unui amplasament urban va ajuta nu doar la prezicerea impactului economic pe care l-ar avea un potenţial cutremur asupra elementelor expuse riscului, dar si la elaborarea de masuri pentru diminuarea riscului.

1. Date şi metodologie

1.1. Fondul construit al Republicii Moldova

Pentru determinarea vulnerabilităţii fondului imobiliar al Republicii Moldova este important să se analizeze detaliat elementele acestui fond, şi anume tipurile de structuri şi materialele utilizate la execuţia acestora. Analiza detaliată a fiecărei structuri necesită foarte mult efort şi timp, şi probabil ar fi reală doar în cadrul unui program naţional de paşaportizare a clădirilor.

În anul 2002, Inspectoratul General pentru Situaţii de Urgenţă al Ministerului Afacerilor Interne (IGSU), a colectat datele privind fondul construit al Republicii Moldova. Aceste date conţin numărul de clădiri în fiecare localitate din ţară, materialele din care aceste clădiri sunt construite şi destinaţia acestora. Baza de date elaborată de IGSU a fost completată de colaboratorii Institutului de Geologie şi Seismologie al Academiei de Ştiinţe a Moldovei, între anii 2008-2010. De asemenea, la informaţiile legate de fondul construit au fost ataşate date demografice, obţinute din rapoartele publice ale recensământului din 2014 al Biroului Naţional de Statistică.

Toate aceste date au fost comasate, si analizate conform fiecărei unităţi administrativ-teritoriale în parte (raion). Datele au fost calculate şi sumate pentru cele două municipii (la momentul analizei) - Chişinău şi Bălţi, şi alte 30 de raioane [6]. Un număr total de 2,2 mln clădiri a fost analizat, în care găzduiesc şi activează 2330000 de cetăţeni, ceea ce reprezintă 83.1% din totalul populaţiei [6]. Nu au fost investigate raioanele Basarabeasca, Cimişlia, Hînceşti şi teritoriul din stânga Nistrului. Din studiu de asemenea au fost excluse localităţile care prezentau date eronate sau incomplete. Rezultatele acestui studiu au fost prezentate detaliat în lucrarea autorului [6].

1.2. Evaluarea vulnerabilităţii fondului imobiliar

Pentru a caracteriza fondul construit al Republicii Moldova şi a determina gradul de vulnerabilitate a fondului, s-a utilizat clasificarea EMS-98, care presupune sortarea construcţiilor în 6 clase de vulnerabilitate (*A* - *F*), în dependenţă de tipul structurii şi materialele folosite la execuţia acestora [7]. Caracteristicile care definesc fiecare categorie sunt prezentate în [7].

Construcţiile din lemn sunt considerate relativ sigure, iar în lucrarea [7] sunt atribuite clasei de vulnerabilitate *D*, cu posibilitatea de variaţie între *B* şi *E*, în dependenţă de caracteristicile construcţiilor. Considerând totuţi faptul că construcţiile din lemn existente în Moldova sunt de o vechime sporită, structura devenind nesigură şi putredă în multe cazuri, iar nodurile deteriorate, acestora li se va atribui clasa de vulnerabilitate *B*.

Construcţii din materiale locale. În mare parte acest tip de structură este reprezentat de zidărie din blocuri din argilă (executate manual). In [7] sa propune clasa cea mai vulnerabilă - *A*, cu posibilitatea de creştere pînă la *B*. Considerând vârsta avansată a acestor construcţii, utilizarea mortarului din argilă şi lipsa elementelor structurale ca buiandrugi, rigle, coloane, toate clădirile din această categorie vor fi considerate sub clasa *A* de vulnerabilitate.

Zidărie din cărămidă. În lucrarea menţionată [7] este indicat că construcţiile din zidărie de cărămidă ne-armată trebuie atribuite clasei *B*. Însă în cazul în care structura din zidărie este completată de planşee din beton armat monolit sau este consolidată cu elemente metalice în direcţii verticale şi orizontale, acestea pot fi considerate sub clasa *C* de vulnerabilitate. Referitor la construcţiile din zidărie din Republica Moldova, s-a considerat pentru calculul acestei cercetări că 90% din clădirile din zidărie din cărămidă reprezintă clasa *B* de vulnerabilitate, iar 10% clasa *C*, în mare parte din cauza că acest tip de structură este folosit şi în prezent, în combinaţie cu elemente structurale din beton armat sau îmbinări metalice complexe.

Zidărie din piatră sau blocuri din piatră. Zidăria din piatră este catalogată sub clasa *B* de vulnerabilitate în [7], şi sub clasa *A* în cazul în care zidăria are o calitate proastă de execuţie. Zidăria din piatră poate fi considerată mai sigură (clasa C) doar în cazul în care la zidărie sunt utilizate blocuri de dimensiuni sporite. În lucrarea prezentă, construcţiile zidite din piatră sau blocuri din piatră au fost clasificate în felul următor: 20% din construcţii - clasa *C*, 10% - clasa *A*, iar 70% - clasa *B*.

Construcţii din beton armat. În cazul acestor construcţii determinarea vulnerablităţii este mai complexă, datorită multitudinii factorilor care influenţează clasa de vulnerabilitate a acestora. Astfel, autorul a considerat următoarea clasificare: 50% din clădiri sunt considerate sub clasa *C* de vulnerabilitate din cauza vârstei sporite şi conexiunilor slabe dintre structura din *BA* şi materialul de umplutură; 40% din clădiri - clasa *D*, deoarece structurile au în componenţă centuri antiseismice, iar la proiectare au fost considerate normativele de inginerie seismică,

datorită vârstei recente; 10% - clasa *E*, calitatea sporită a execuţiei lucrărilor, de obicei în construcţii private de dimensiuni reduse.

Clădiri din panouri mari. Aceste tipuri de structuri au fost catalogate de autor în proporţie de 80% sun clasa de vulnerabilitate *D*, şi 20% sub clasa *C*, considerând vârsta avansată a acestor structuri şi lipsa proceselor de mentenanţă constantă, ceea ce pune la dubii calitatea în prezent a conexiunilor metalice dintre elemente.

Clasificarea prezentată mai sus a contribuit la determinarea vulnerabilităţii clădirilor în fiecare raion al RM conform EMS - 98. Această clasificare permite o primă conturare a tabloului riscului seismic al fondului imobiliar.

S-a determinat, de asemenea, un asa numit coeficient de vulnerabilitate al fiecărui raion *i*, prin atribuirea unui factor de pondere P_{C_L} fiecărei clase de vulnerabilitate C_L. Ponderea a fost determinată de autor conform Tabelului 1.

Tabelul. 1.

Ponderea clasei de vulnerabilitate

Clasa de vulnerabilitate, C_L	A	B	C	D	E	F
Factorul de pondere, *P*	6	5	4	3	2	1

Utilizând factorul de pondere P_{C_L} pentru fiecare din raioanele investigate s-a calculat coeficientul de vulnerabilitate c_V conform formulei:

$$c_{V,i} = \sum(N_{i,C_L} \times P_{C_L}) \div 100, \quad (2)$$

unde: c_V - coeficientul de vulnerabilitate al raionului *i*;

N_{i,C_L} - cota clădirilor din raionul *i* catalogate sub clasa de vulnerabilitate C_L;

P_{C_L} - factorul de pondere pentru clasa de vulnerabilitate C_L.

Deoarece factorul de pondere a primit o valoare care poate fi considerată arbitrară şi necuantificabilă, s-a considerat necesară transpunerea coeficientului de vulnerabilitate c_V într-o valoare relativă, care să permită compararea directă a vulnerabilităţii fondurilor imobiliare ale raioanelor. Astfel, coeficientul de vulnerabilitate relativ C_{VUL} al fiecărui raion *i* fost obţinut prin relaţia:

$$C_{VUL,i} = \frac{c_{V,i}}{c_{V,max}}; \quad (3)$$

unde: $C_{VUL,i}$ - reprezintă coeficientul relativ de vulnerabilitate al raionului *i*;

$c_{V,i}$ - coeficientul de vulnerabilitate al raionului *i*;

$c_{V,max}$ - coeficientul de vulnerabilitate maxim depistat pe teritoriul RM.

2. Rezultate şi discuţii

2.1. Vulnerabilitatea seismică

În urma efectuării calculului prezentat în secţiunea 2.2, s-a determinat că cel mai vulnerabil fond imobiliar este cel al raionului Leova, unde $C_{VUL,Leova} = c_{V,max} = 1$, iar $c_{V,Leova} = 5.92$. Cel mai puţin vulnerabil fond construit este cel din raionul Ocniţa, unde valorile sunt $C_{VUL,Ocnita}$ =0.86, iar $c_{V,Ocnita} = 4.96$.

Este important de comparat variaţia vulnerabilităţii fondului imobiliar a celor două municipii (la momentul efectuării calculelor) - Chişinău şi Bălţi, raportat la fondul imobiliar naţional şi rural.

Analizând Fig. 1 pot fi observate diferenţe între ponderea claselor de vulnerabilitate în cele două municipii faţă de restul ţării. În Chişinău şi Bălţi se observă o cotă redusă a clădirilor clasificate sub clasa *A* (51.4%), dacă e să fie comparată aceasta cu aceeaşi cotă în zona rurală (65.2%) sau la nivel naţional (64%). În schimb fondul imobiliar al municipiilor reprezintă cote mai mari la celelalte clase de vulnerabilitate. Diferenţe mari se observă la clasele de vulnerabilitate *D* şi *E*, unde în municipii cota parte a clădirilor catalogate sub aceste clase este de 7.3% şi respectiv 0.2%, pe când aceleaşi clase în zonele rurale ating valorile de 0.7% şi 0.0%. Astfel, se evidenţiază vulnerabilitatea redusă a zonelor municipale ale ţării faţă de restul teritoriului. Acest fapt se datorează în mare parte numărului sporit de clădiri înalte, construite din beton armat şi prezenţei structurilor din panouri mari, care ca structuri au fost catalogate mai sus în clasele B-E. Acest fapt însă pune într-o lumină bună municipiile doar în comparaţie cu celelalte raioane ale republicii. Este necesar de menţionat faptul, că în cele două oraşe 82.8% din clădiri totuşi au fost catalogate sub clasele de vulnerabilitate A şi B, deci fondul imobiliar al acestor două oraşe reprezintă un anumit pericol pentru locuitorii lor. De asemenea, este important de menţionat şi numărul mare de locuitori care este găzduit de aceste oraşe, ceea ce ar contribui la creşterea riscului seismic în cazul unui eventual cutremur.

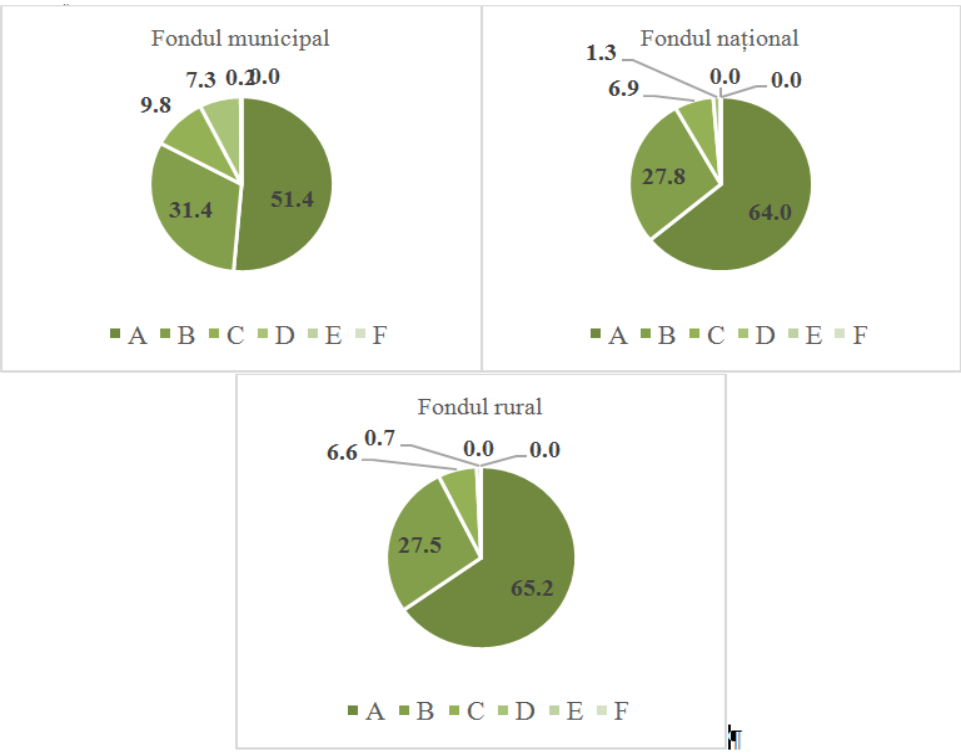


Fig. 1. Repartizarea fondului imobiliar după clasele de vulnerabilitate în municipiile Chişinău şi Bălţi (a), în toate localităţile RM (b), în zonele rurale (c).

Vulnerabilitatea seismică a fiecărui raion a fost determinată conform metodei perezentate în secţiunea 2.2. Prin această metodă s-a reuşit cuantificarea şi exprimarea gradului de vulnerabilitate seismică prin coeficientul $c_{V,i}$. Deasemenea, pentru o mai bună percepţie a acestui coeficient, s-a calculat coeficientul relativ de vulnerabilitate seismică $C_{VUL,i}$. Fig. 4

afişează $C_{VUL,i}$ pentru fiecare raion, ceea ce permite compararea vulnerabilităţii seismice a fondului imobiliar a raioanelor. Astfel, cele mai vulnerabile stocuri imobiliare se găsesc în raioanele Leova şi Ungheni, unde $C_{VUL} = 1.00,$ pe când cele mai puţin vulnerabile sunt clădirile din raioanele Cimişlia ($C_{VUL} = 0.84$), Anenii Noi ($C_{VUL} = 0.86$) şi Dubăsari ($C_{VUL} = 0.86$). Fondul imobiliar din municipiile Chişinău şi Bălţi prezintă valori ale $C_{VUL} = 0.89$ şi respectiv $C_{VUL} = 0.88$. Astfel, analizând Fig. 2, se poate observa că fondul imobiliar a celor două municipii este caracterizat de o stare relativ bună în comparaţie cu starea fondului pe întreg teritoriul Republicii Moldova.

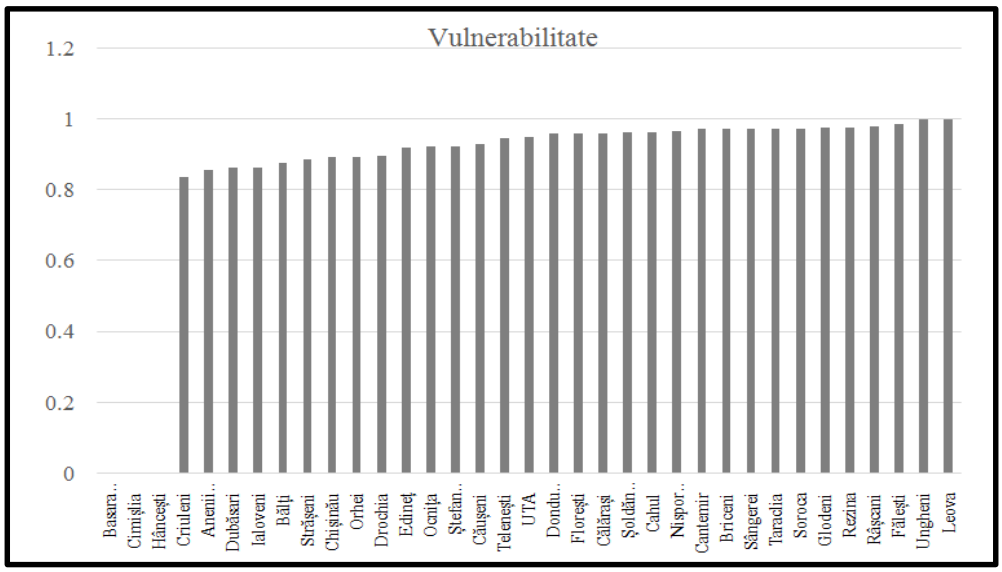


Fig. 2. Valoarea coeficientului C_{VUL} pentru raioanele Republicii Moldova.

După evaluarea coeficientului relativ de vulnerabilitate C_{VUL}, s-a decis crearea unei hărţi care ar prezenta acest coeficient pe un gradient de culoare, pentru a determina dacă vulnerabilitatea imobilului construit poate fi cumva corelată cu poziţia fizico-geografică a raionului, sau cu vulnerabilitatea raioanelor vecine. Mai jus este prezentată Harta Vulnerabilităţii Fondului Imobiliar (Fig. 3).

Analizând distribuţia geografică a vulnerabilităţii fondului imobiliar al Republicii Moldova, poate fi depistată o zonare a vulnerabilităţii, unde raioanele din anumite zone reprezintă coeficienţi de vulnerabilitate similari ca valoare. Similaritatea vulnerabilităţii construcţiilor poate fi explicată prin tipul materialelor locale prezente în zone, prin tendinţa de a împărtăşi tehnologii, materiale şi tipologii arhitecturale între raioanele vecine, suprafaţa mică a raioanelor Republicii, ş.a. Pot fi depistate şi mici excepţii însă: Drochia, Leova, Rezina - unde vulnerabilitatea imobilului diferă considerabil comparativ cu raioanele aflate în imediata vecinătate.

Vulnerabilitatea seismică a fondului imobiliar este cea mai importantă caracteristică în determinarea riscului seimic a unei entităţi teritoriale, şi determină capacitatea acestei entităţi de a supraveţui un eveniment seismic de amploare. Analizând vulnerabilitatea seismică şi distribuţia teritorială a acesteia (Fig. 3) este posibilă stabilirea priorităţilor naţionale de

reabilitare a fondului construit, elaborarea strategiilor şi planurilor de reacţie a structurilor de forţă în cazul unui seism, sau chiar ajustarea preţurilor mediului imobiliar.

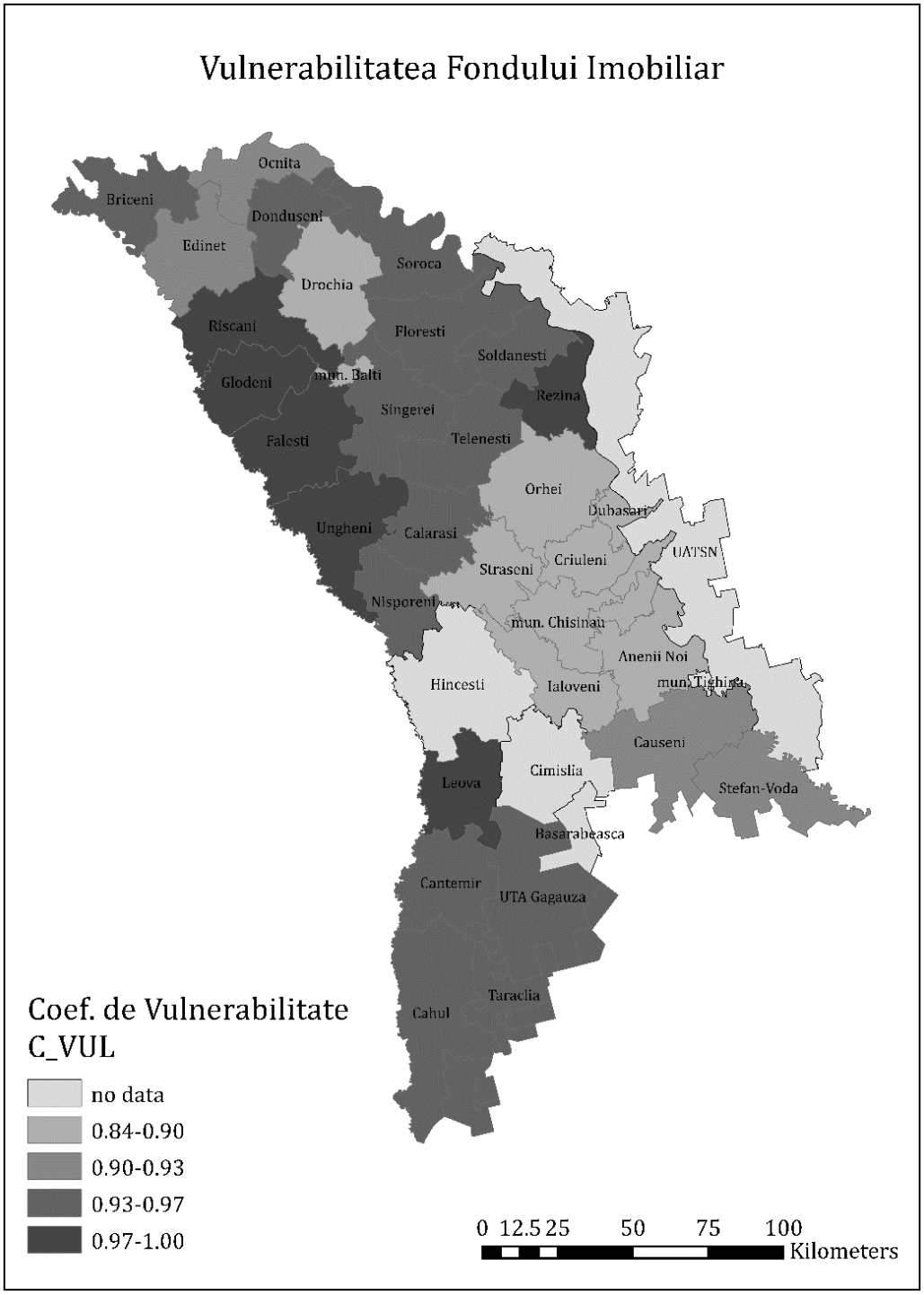


Fig. 3. Vulnerabilitatea fondului imobiliar al Republicii Moldova.

2.2. Riscul seismic (cutremur - scenariu 10.11.1940)

În capitolul 3.1 a fost determinat şi cuantificat coeficientul de vulnerabilitate seismică a fondului imobiliar al fiecărui raion din Republica Moldova. Cunoscînd gradul de vulnerabilitate şi atribuind o valoare cuantitativă hazardului seismic (H_j din formula 1), poate fi determinat riscul seismic la care este expus fondul imobiliar al fiecărui raion al Republicii Moldova.

Pentru prima iteraţie de calcul s-au folosit datele reprezentative ale celui mai mare eveniment seismic al secolului XX pentru teritoriul Republicii Moldova, şi anume cutremurul din 10 Noiembrie 1940. Acest cutremur s-a remarcat prin numeroase pierderi materiale şi umane. Doar în oraşul Chişinău 2795 de clădiri au fost deteriorate, din care 172 complet distruse. De asemenea, cutremurul a luat 78 de vieţi omeneşti, iar aproximativ 1000 de persoane au fost accidentate [8].

În lucrarea curentă caracteristica cuantitativă a hazardului seismic H_j este considerată aceleraţia terenului A_j (m/s^2) :

$$H_j = A_j \tag{4}$$

Conform lucrării [2], funcţia care reprezintă corelaţia dintre acceleraţia terenului şi intensitatea seismicăa cutremurului peteritoriul RM este exprimată în felul următor:

$$A_j = 0.039 \times e^{(0.5247 \times I_j)} \tag{5}$$

unde:
A_j - acceleraţia terenului în raionul *j*;
I_j - intensitatea seismică (grade MSK) în raionul *j*.

În aceeaşi lucrare [2] este prezentată formula de determinare a intensităţii seismice pe teritoriul Republicii Moldova:

$$I_j = 2.3M_G - 5.1Lg\sqrt{\left(H^2 + {R_j}^2\right)} + 2.3; \tag{6}$$

unde:
I_j - intensitatea cutremurului în raionul *j*;
M_G - magnitudinea cutremurului după Guttenberg-Richter;
H - adâncimea focarului cutremurului;
R_j-distanţa epicentrică de la focar la centrul geografic aproximativ al raionului *j*.

Utilizând această metodă de calcul a fost determinată valoarea intensităţii *I* şi respectiv a acceleraţiei *A* pentru un seism analogic seismuluiv din 10.11.1940, pentru fiecare raion al RM. Valorile caracteristicilor spaţiale (M, *R* şi *H*) au fost colectate din catalogul ROMPlus[9]. Determinând valoarea A_j (unde *j* reprezintă fiecare raion al RM) şi asumând acceleraţia ca fiind valoarea caracteristică a hazardului seismic H_j, a fost determinat riscul seismic pentru fiecare raion. Conform ROMPlus [9], au fost considerate următoarele valori: $M_G = 7.5$; $H = 150km$; Coordonatele epicentrului: 45.8 N 26.7 E.
Figura 4 reprezintă riscul seimic ca rezultat al calculelor prezentate mai sus. Putem observa că riscul seismic este cel mai inalt în raioanele Cahul, Cantemir şi Taraclia, iar cele mai

puţin expuse riscului sunt raioanele Ocniţa, Drochia şi Donduşeni. Pentru a crea o imagine mai clară a distribuţiei riscului seismic a fost elaborată harta distribuirii riscului, prezentată în Figura 5. Harta demonstrează că factorul determinant în distribuirea riscului seismic în teritoriul Republicii Moldova este distanţa de la epicentrul seismic a centrul geografic al raionului investigat. Astfel, conform Fig. 5, cele mai apropiate raioane de focarul seismic Vrancea prezintă cel mai înalt risc seismic. Harta ilustrează doar relaţia relativă a riscului seismic, şi nu reprezentă o masură cantitativă exactă, cum şi a fost menţionat şi mai sus (Cap. 2).

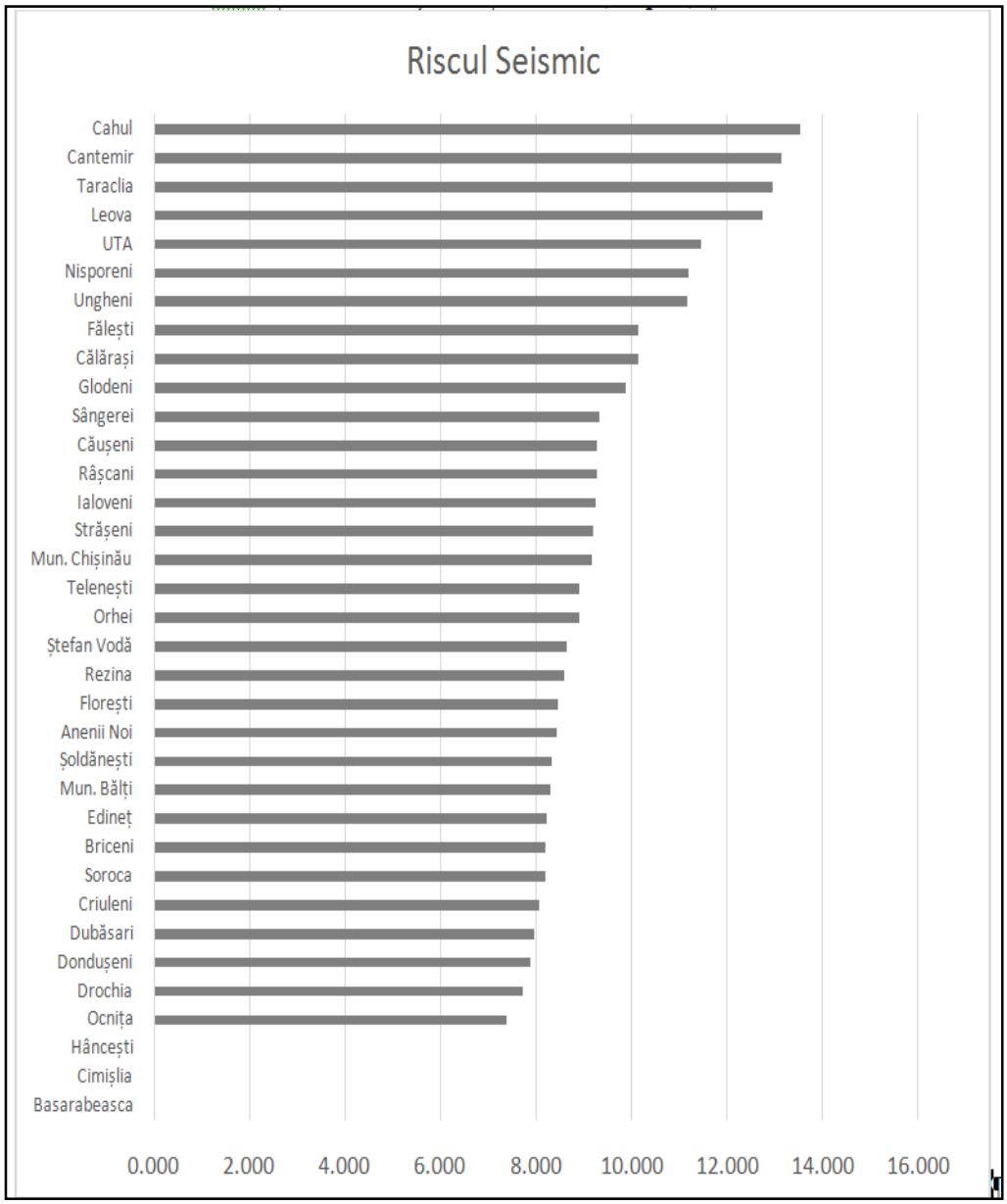


Fig. 4. Distribuţia cantitativă a riscului seismic pe raioane.

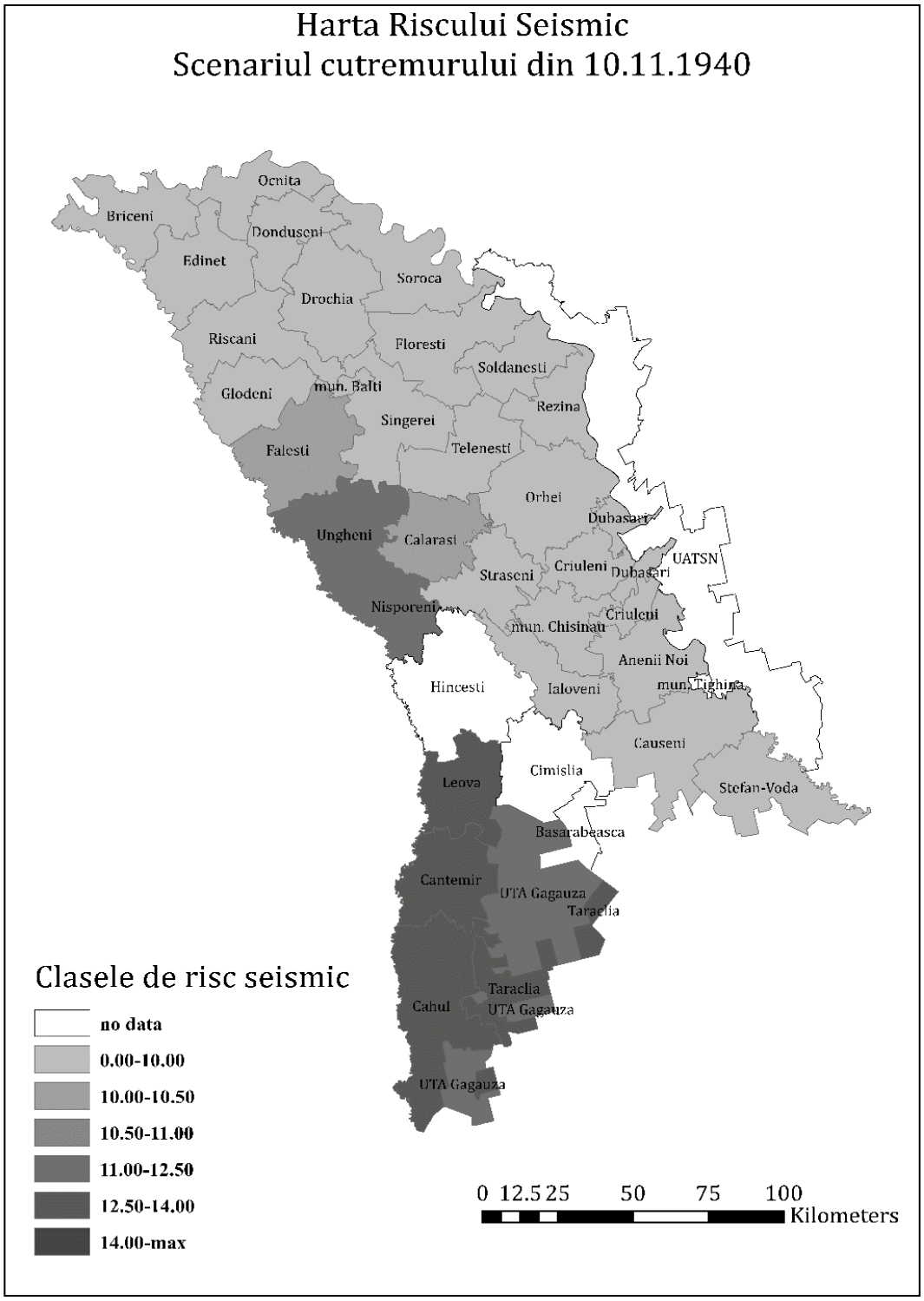


Fig. 5. Distribuţie riscului seismic la un cutremur, analogic celui din 10 Noembrie 1940.

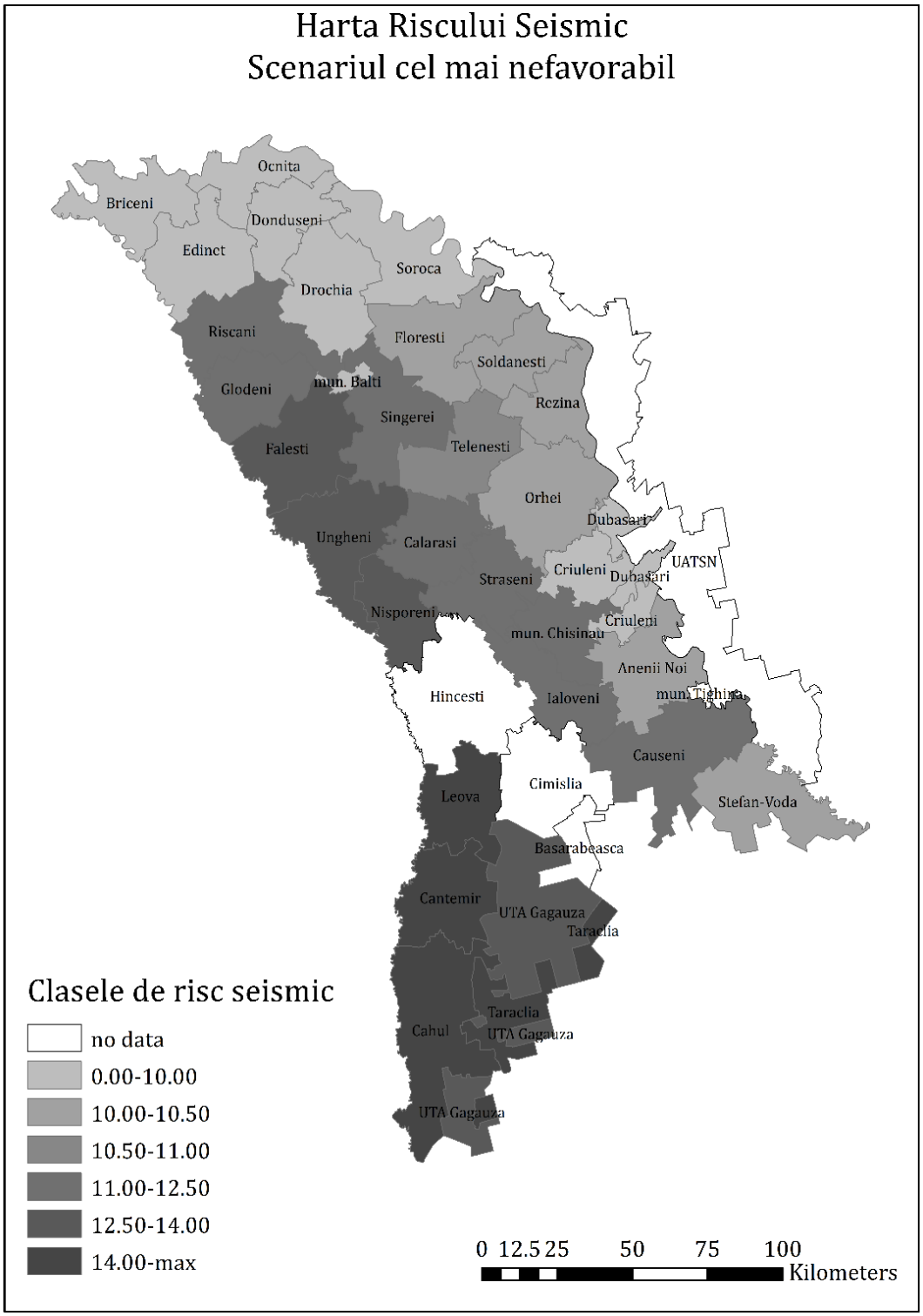


Fig. 6. Harta riscului seismic (cel mai nefavorabil scenariu).

De menţionat, că riscul seismic pentru un cutremur - scenariu, analogic celui din 10.11.1940 a fost evaluat mai înainte în lucrarea [8]. Deşi in lucrarea precedenţă şi cea prezentă pentru evaluarea hazardului si vulnerabilităţii seismice au fost utilizate abordări diferite, rezultatele obîinute sunt similare.

2.3. Riscul seismic maxim

Calculul prezentat în secţiunea 2.2 a fost iterat considerând ca cutremur - scenariu cel mai periculos seism care a avut a loc în in zona Vrancea în secolul XX seismul din 10.11.1940. Conform autorilor lucrării [10], magnitudinea maximă pe care o poate avea un cutremur din zona Vrancea poate atinge valoarea de $M_G = 7.8$ după Gutteberg-Richter, la adâncimea de 140 km (H). De asemenea, în aceeaşi lucrare este identificat aşa numitul ”centru de greutate”, sau punctul de origine al celor mai agresive evenimente seismice din zona Vrancea. Poziţia acestuia poate fi considerată 45.7 N 26.6 E, cu o mobilitate de 25-35km. Astfel, cea mai nevaforabilă poziţie a "centrului de greutate" a fost considerată cea mai apropiată de centrul geografic al raionului. Metoda de calcul este similară cu cea prezentată în secţiunea 2.2, cu ajustarea valorilor coeficienţilor de calcul.

Graficul distribuţiei cantitative a riscului seismic pe raioane în cazul celui mai nefavorabil scenariu este similar cu cel din Fig. 6, cu variaţii ale valorilor rezultatelor (în mare parte din cauza creşterii valorii magnitudinii M_G), nu şi a riscului relativ. Aceleaşi trei raioane (Cahul, Cantemir şi Taraclia) sunt considerate cele mai periculoase din punct de vedere al riscului seismic. Dacă să se compare harta distribuirii riscului, care a fost reprodusă la aceeaşi scară de valori (legenda a fost păstrată similară cu cea din secţiunea 2.2), poate fi observată influenţa unui cutremur cu magnitudine mai mare, şi anume: raza influenţei acestuia creşte, şi mai multe raioane sunt i caracterizate de valori mari ale riscului seismic (Fig.6).

Concluzii

Vulnerabilitatea seismică este un element indispensabil în evaluarea riscului seismic. Vulnerabilitatea permite conturarea unui tablou detaliat al stării inginereşti a fondului imobiliar al unei ţări. În această lucrare a fost abordată o metodă de determinare a vulnerabilităţii seismice, care a rezultat în cuantificarea stării clădirilor în fiecare raion. Astfel, cele mai vulnerabile seismic raioane sunt considerate Ungheni şi Leova, ceea ce înseamnă că clădirile din aceste raioane au fost evaluate drept cele mai puţin sigure conform EMS-98. Cele mai sigure raioane sunt considerate Criuleni şi Anenii Noi. Metoda utilizată în această lucrare nu permite cuantificarea exactă a vulnerabilităţii, dar ajută la crearea unui tablou la nivel naţional al stării fondului imobiliar al Republicii Moldova. Utilizând rezultatele acestor investigaţii pot fi planificate şi orientate resursele bugetare spre zonele cele mai vulnerabile, cu scopul de a diminua vulnerabilitatea construcţiilor şi de a reduce riscul seismic.

Determinarea vulnerabilităţii seismice a permis evaluarea riscului seimic pe teritoriul ţării. Au fost considerate două scenarii: cutremurul scenariu din 10 Noiembrie 1940 şi cel mai nefavorabil scenariu (cutremurul cu cea mai mare magnitudine posibilă, cea mai mică distanţă epicentrală şi cea mai nefavorabilă adâncime). Utilizând caracteristicile acestor evenimente seismice, a fost realizat calculul riscului seismic. S-a demonstrat că distanţa epicentrală joacă un rol important în determinarea riscului.Cele mai supuse riscului au fost identificate raioanele Cahul, Cantemir şi Taraclia, iar mai puţin expuse riscului – raioanele Ocniţa, Drochia şi Donduşeni.

Fiind complexă problema evaluării gradului de influenţă a vulnerabilităţii seismice şi a hazardului în calculul riscului, este important să se perceapă rezultatele acestei lucrări ca valori relative, prin care pot fi comparate caracteristicile riscului raioanelor. Aceste rezultate permit focusarea proiectelor şi investiţiilor guvernamentaleşi nu numai, elaborarea strategiilor şi planficarea operaţiunilor de intervenţie, determinarea priorităţilor naţionale în planificările bugetare de lungă-durată.

Bibliografie

1. Molina S., Lang D., Lindholm C et al "Seismic loss assessment for Bucharest, Romania", Journal of Earthquake Engineering, 2008 [source: researchgate].
2. Алказ В.Г.. Основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска Республики Молдова. Chişinău, Elena - VI SRL, 2007.
3. Bica M. A. G. "Vulnerabilitatea seismică a fondului construit din România la acţiunea cutremurelor Vrâncene" (rom), teză de doctorat, Universitatea Tehnică şi de Construcţii din Buureşti, Facultatea de Construcţii Civile, Industriale şi Agricole, Bucureşti, 2013.
4. Troian S. Vulnerabilitatea seismică a clădirilor din Republica Moldova. Analiza metodelor existente, Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie, Vol. 1, 2016, pp. 67-77.
5. Sandi H., Pomonis A., Francis S. et al. Seismic Vulnerability Assessment. Methodological elements and applications to the case of Romania. In: International Symposium on Strong Vrancea Earthquakes and Risk Mitigation, Oct 4-6, 2007.
6. Troian S. Caracterizarea Fondului Imobiliar existent al Republicii Moldova, supus pericolului cutremurelor Vrâncene. Materialele Conferinţei Ştiinţifice a Doctoranzilor "Tendinţe contemporaneale dezvoltării ştiinţifice: viziuni ale tinerilor cercetători", 15 iunie 2017 Vol. 1, pp. 317-322.
7. European Macroseismic Scale 1998, EMS - 98, Editor G. Grunthal, Luxembourg 1998.
8. Alcaz V., Isicico E., Ghinsari V., Troian S. Estimation of Damage-Loss from Scenario Earthquake Analogous to November 10, 1940 in Republic of Moldova. In: Vacareanu R., Ionescu C. (eds) The 1940 Vrancea Earthquake. Issues, Insights and Lessons Learnt. Springer Natural Hazards. Springer, 2016, pp. 399-409.
9. Catalogul ROMPlus, Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului, România (actualizat martie 2018).
10. Lungu D., Mazzolani F., Savidis S.. "Calculul structurilor în zone seismice", Bridgeman Ltd, Timisoara, Romania, 1997, 433 p.

Primit la redacţie – 04/04/2018

УДК 624.131

Полканов В.Н.[1], Кырлан А.В.1, Полканова А.В.1

Прогноз устойчивости склона реконструируемой автомобильной дороги Кишинэу-Унгень на участке "80-й км"

Abstract

The article presents the results of research carried out on the section of the reconstructed Chisinau-Ungheni motor road. The features of geomorphological conditions and geological structure of the study area, the strength properties of landslide accumulations are studied, the stability of the landslide slope is estimated, and the necessary recommendations for the design and construction of a motor road on the "80th km" section are developed.

Keywords:*motor road, slope, landslides, long-term stability.*

Rezumat

În articol sunt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate pe un tronson al drumului auto Chişinău-Ungheni. Au fost studiate caracteristicile condiţiilor geomorfologice şi structurii geologice a sectorului studiat., caracteristicile de rezistenţă a acumulărilor alunecătoare, sa determinat gradul de stabilitate a versantului alunecător, au fost elaborate recomandările necesare pentru proiectarea şi construcţia drumului auto pe sectorul "Kilometrul 80"

Cuvinte cheie:*drum auto, versant, alunecări de teren, stabilitate de lunga durată.*

Резюме

В статье приведены результаты исследований, проведённых на участке реконструируемой автомобильной дороги Кишинэу-Унгень. Изучены особенности геоморфологических условий и геологического строения района исследования, прочностные свойства оползневых накоплений, дана оценка устойчивости оползневого склона, разработаны необходимые рекомендации по проектированию и строительству автомобильной дороги на участке "80-й км".

Ключевые слова:*автомобильная дорога, склон, оползни, длительная устойчивость.*

Введение

Строительство автомобильных дорог в Молдове, как правило, осложнено сильно пересеченным рельефом (рис. 1) и развитием опасных геологических процессов [1 - 6].

Это обстоятельство вынуждает проектировщиков устраивать глубокие выемки и высокие, более 20 м, насыпи, которые, нередко, подвергаются оползневым деформациям (рис. 2).

В связи с планируемой реконструкцией автомобильной дороги Кишинэу-Унгень, авторы, на основе проведённого исследования, высказали своё мнение о дополнительных задачах, на решение которых должны обратить внимание проектировщики и строители при принятии конструктивного решения.

[1]Технический Университет Молдовы

Рис. 1. Характер рельефа на участке проложения трассы Кишинэу-Унгень.

Рис. 2. Оползневые деформации на склоне, вызванные его подрезкой при строительстве автодороги Кишинэу-Унгень.

1. Особенности геоморфологических условий и геологическогостроения района исследований

Главные черты рельефа на рассматриваемом участке проложения трассы обусловлены, в основном, неотектоническими движениями и особенностями геологического строения.Основой для формирования современного рельефа описываемого района послужила среднеплиоценовая аллювиально-аккумулятивная равнина, которая была дифференцированно приподнята в аттическую фазу альпийской складчатости на высоту более 300м.

Положительные тектонические движения, усиление которых в районе Припрутья отмечалось в плейстоцене, продолжаются и в настоящее время [7].

Выше современного базиса эрозии склоны водораздельного пространства сложены толщей среднего сармата, представленной алевритистыми глинами голубовато-серого цвета с присыпками и прослоями мелкозернистых песков. Породы имеют характерную пестроцветную окраску и представлены тонкослоистыми алевритистыми и комковатыми глинами с частым чередованием прослоев мелкозернистых кварцевых песков, иногда значительной мощности (более метра).

Первоначальное заложение склонов обусловлено почти исключительно эрозией, усиливающейся в результате неравномерных неотектонических поднятий. Речные долины закладывались в верхнеплиоценовое время. На границе плиоцен-четвертичного времени произошло обновление разломов, по которым и были заложены левые притоки Прута.

Для этого района характерны узкие извилистые водоразделы, глубокие плоскодонные долины больших и малых рек, значительная глубина эрозионного вреза, вызванная неотектоническим подъемом поверхности левого берега рекиПрут и смещением главного водораздела, обусловившим его правостороннююасимметрию.

Таким образом, в настоящее время процесс формирования склонов продолжается. Наиболее активной зоной развития оползней здесь являются их верхние крутые части. Оползневые процессы, развиваясь вверх по склону, захватывают новые участки водораздельного пространства. В нижней части склонов при отсутствии эрозии происходит постепенное их выполаживание и затухание оползневых деформаций.

Участок «80-ый км автодороги Кишинэу-Унгень, в г. Корнешть» пересекает верховье эрозионно-оползневого цирка, по которому протекает безымянный приток реки Делия (левый приток р. Прут).

Гыртоп имеет в плане характерную форму – в верховье расширенную, книзу- сужающуюся.

Превышение бровки главного оползневого уступа над местным базисом эрозии составляет более 50м. Крутизна на отдельных участках достигает 20-30°.

Несмотря на то, что в настоящее время естественный рельеф сильно изменен в результате хозяйственной деятельности (на склоне располагаются частные строения, а прилегающие к ним участки используются под сады и огороды), в современном рельефе прослеживается три крупные оползневые ступени.

В связи с непрекращающимися оползневыми подвижками часть строений полностью разрушена. Активизации подвижек способствует эрозионная

деятельность ручья и хозяйственных вод, сбрасываемых с вышележащей территории к подножью склона и снижение прочности пород в процессе неоднократных оползневых смещений.

Активные оползневые деформации, развивающиеся в этой части, захватывают и участок автодороги. В средней части склона характер деформации усложняется за счет активных бортовых смещений.

В нижней части, распаханной под огороды и сады, наблюдаются медленно развивающиеся деформации по типу вязко-пластического течения.

2. Анализ устойчивости оползневого склона

Предварительная оценка и прогноз устойчивости исследуемого склона проводилась методом горизонтальных сил проф. Н.Н. Маслова. Расчеты выполнялись по различным схемам, отражающим инженерно-геологические особенности строения оползня и положение ослабленных зон, выявленных в процессе бурения.

Граница верхней ослабленной зоны (предполагаемая поверхность смещения активного оползня) была проведена по контакту пестроцветных оползневых накоплений с деформированной зоной голубовато-серых глин. Нижняяослабленная зона – по контакту последних с подстилающими их горизонтально-слоистыми голубовато-серыми глинами. Для определения средних значений сопротивляемости сдвигу по всем ослабленным зонам принималось, что склон в целом находится в состоянии предельного равновесия (коэффициент устойчивости K = 1,0). Результаты расчетов приведены в табл.1.

Таблица 1

Средние значения прочности по поверхности оползневого смещения

Расчётная схема	Результаты "обратного расчёта"		Результаты лабораторных испытаний	
	Средняя прочность S_{mt}, кПа	Значения сцепления C, кПа при $\varphi = 3°$	Значения сцепления C, кПа	Методика установления параметров прочности
II-I (головная часть оползня)	85,0	13,5	11,0	по подготовленной поверхности ***для пестроцветных глин***
II-VI (верхняя ослабленная зона)	23,0	14,0	-	-
II-VI (нижняя ослабленная зона)	35,0	20,0	20,0	по подготовленной поверхности ***для голубовато-серых глин***

Выполненные расчеты показали, что по нижней поверхности смещения действуют наибольшие сдвигающие усилия. Значение среднего сопротивления

сдвигу по этой поверхности практически совпадает со значением прочности глин, определенной в лаборатории по подготовленной поверхности сдвига. Учитывая, что процесс формирования склона будет продолжаться, возможно дальнейшее уменьшение прочности пород в этой зоне и, как следствие, оползневое смещение всего склона. Данный вывод подтверждается определением коэффициента длительной устойчивости ($K_{дл.у}$)[8]:

$$K_{дл,у} = \frac{S_0}{S_e} = \frac{2,2}{3,5} = 0,64,$$

где:S_e – среднее сопротивление грунта сдвигу по поверхности оползневого смещения, соответствующее современному состоянию склона;

S_0 – величина остаточного сопротивления грунта сдвигу, определенная по формуле: $S_0 = 0,07\sigma + 4$, кПа.

Значение коэффициента длительной устойчивости значительно меньше единицы. Это означает, что на склоне могут иметь место катастрофические оползневые смещения.

Так как на момент проведения изысканий наиболее активные оползневые деформации визуально и по данным геодезических наблюдений отмечались в головной части оползня, в первую очередь определялся запас устойчивости именно этой части склона(по расчетной схеме II-I). Коэффициент устойчивости, полученный с использованием значений характеристик прочности грунтов по подготовленной увлажненной поверхности равен $K_y = 0,87$.

С целью оценки вероятности развития деформаций вверх по склону были выполнены расчеты устойчивости с учетом возможных заколов новых участков водораздела. Принималось, что ослабление прочности горных пород в отделяющемся массиве происходит за счет потери структурного сцепления, в расчетах использовали характеристики по подготовленной поверхности. Методом приближения выявлено, что для формирования профиля предельного равновесия, оползень может захватить новый участок плато на расстоянии порядка 60 м от существующей бровки срыва (расчетная схема III-I).

В связи с тем, что активные деформации отмечаются также и в нижней части оползня, устойчивость этой части склона определялась отдельно. Поскольку языкоползня распахан под огороды и получает дополнительное увлажнение за счет полива, при расчете коэффициента устойчивости использовались значения прочностных характеристик по подготовленной увлажненной поверхности. При этих значениях характеристик прочности коэффициент устойчивости равен$K_y = 0,93$.

Окончательные расчёты проводились на основе численного метода снижения прочности с использованием программного комплекса PLAXIS[9]. Полученная с помощью МКЭ механико-математическая модель, подтвердила высказанное суждение о механизме развития оползневых деформаций на склоне.

Выводы и рекомендации

1. Материалы, полученные в процессе исследований на участке „80-й км автодороги Кишинэу-Унгень”, свидетельствует о том, что верховье гыртопа, а также его борта, поражены активными блоковыми оползнями, развивающимися в пределах давнеоползневого склона.Активизации подвижек способствуют: эрозионная деятельность ручья и хозяйственных вод, сбрасываемых с вышерасположенной

территории к подножью склона; снижение прочности пород в процессе неоднократных оползневых смещений и дополнительного увлажнения.

2. Результаты расчетов устойчивости указывают на возможность максимальных подвижек в головной и языковой частях оползня, хотя деформации наблюдаются в пределах всего склона. Характер смещения указывает на криволинейную форму поверхности скольжения. Расчетами также установлена возможность развития оползневых деформаций вверх по склону в сторону водораздела.
3. Выполненные исследования дают основание считать оптимальным вариантом устройство земляного полотна автомобильной дороги на полке, врезанной в существующий верхний откос с устройством необходимых удерживающих сооружений. Одновременно следует предусмотреть работы по закреплению и благоустройству всего оползневого склона.

Литература

1. Shaker R.R., Sirodoev Gh., Sirodoev I. Landslide susceptibility in the Republic of Moldova: a landscape and multivariate approach for regional assessment. In:Papers of the applied geography conferences, vol. 34. Kent State University, October 2011, p. 288-299.
2. Sîrodoev Gh., Miţul E., Ignatiev L., Gherasi A. Baza de date „Alunecările de teren” a subsistemului „Geomorfologie” al SIG //Anualele ale universităţii “Al. I. Cuza” din Iaşi (serie nouă). Geografie (supliment). Lucrările simpozionului “Sisteme informaţionale geografice”,2000, Nr. 6, p. 49-53.
3. Леваднюк А.Т., Мицул Е.З., Сыродоев Г.Н. и др. Оползнеопасные территории Молдавии и их рациональное использование. Кишинёв: Штиинца, 1990, 122 с.
4. Народнохозяйственное освоение территории с развитыми опасными геологическими процессами в Молдавии: Тезисы докладов. Кишинев: Реклама, 1986. 72 с.
5. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. Кишинёв: Editura"Tehnica – UTM”, 2013, 176 с.
6. Сударев А.П. Режим оползней Молдавии - основа организации и ведения мониторинга. Дис. ... кандидата геолого-минералогических наук. п. Зеленый, 2002, 124 с.
7. Палеография Молдавии /БобринскийВ.М., Букатчук П.Д., Бургеля Н.К., Друмя А.В. и др./ Отв. ред. К.Н. Негадаев-Никонов. Кишинёв: КартяМолдовеняскэ, 1965, 146 с.
8. Тимофеева Т.А., Черненко Н.Б. Факторы, определяющие снижение прочности пород в зоне оползневого смещения. В: Исследования устойчивости геотехнических сооружений. Днепропетровск: ДИИТ, 1992, с. 53-57.
9. Кырлан А.В. Определение прочностных характеристик глинистых грунтов для обеспечения устойчивости откосов выемок с помощью программного комплекса PLAXIS. In: Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologieal AŞM, 2016, N2, c. 15-20.

Primit la redacţie – 08/12/2017

УДК 624.131

Рышковой А.Д.[1]

К вопросу о глубинном уплотнении просадочных грунтов II типа

Abstract

On the construction site, the study of loessoid soil characteristics, which were subjected to compacting and stabilization by means of vibropressed soil pilots produced by the RG-type machine, "RTG RAMMTECHNIC Gmbh", has been carried out. After the analysis, it was established that the construction of the vibropressed soil pilots, produces changes in the structure of the soil around them at a distance equal to pilot diameter. It is proposed to use the specified machine in order to reduce soil compaction properties.

Key words: *loess soil, soil compacting, compacted soil characteristics.*

Rezumat

Pe şantierul de construcţie a fost realizat studiul caracteristicilor pământurilor loesoide, supuse compactării şi stabilizării acestora prin metoda piloţilor din pământ realizate cu ajutorul utilajului de tip RG firmei "RTG RAMMTECHNIC Gmbh". În urma analizei s-a stabilit că la realizarea piloţilor din pământ se produce modificarea structurii pământului în jurul acestora la o distanţa egala cu diametrul lor. Se propune utilizarea utilajului menţionat cu scopul reducerii proprietăţilor de tasare a pământurilor.

Cuvinte cheie: *pământuri loesoide, tasarea pământurilor, caracteristicile pământului compactat.*

Резюме

На строительной площадке выполнены исследования лессовых пород после их уплотнения, проведенного с помощью изготовления грунтовых свай с применением установки RG компании "RTG RAMMTECHNIC Gmbh". Установленно, что при изготовлении свай происходит преобразование структуры грунта, расположенного на расстоянии от ствола сваи равном её диаметру. Предлагается использовать установку RG для устранения просадочных свойств.

Ключевые слова: *лессовые породы, просадочность, характеристики уплотненного грунта.*

Введение

Одной из задач геотехники является разработка методов управления инженерно-геоогическими процессами. Своевременные оценка и прогноз развития опасных геологических процессов во многом предопределяют их влияние на эксплуатацию зданий и сооружений и окружающую среду [1,2].

Техногенные факторы активизируют природные геологические процессы, в результате которых могут измениться условия работы оснований и фундаментов, возникнуть недопустимые деформации, весьма негативно влияющие на характер взаимодействия надземной части с фундаментом и основанием.

[1] Технический Университет Молдовы

В условиях Молдовы просадочные явления следует отнести к одним из наиболее значительных и чувствительных факторов, изменяющим условия эксплуатации сооружений [3]. Вследствие особенностей формирования лессовые породы приобрели ряд специфических свойств, к которым, в первую очередь, следует отнести способность резко изменять прочностные и деформационные показатели при изменении влажностного режима [4]. Как следствие возможно проявление эрозионных процессов, суффозионных, оползневых, просадочных. В строительной практике Молдовы известны многие случаи нарушения “нормальных” условий работы основания, возникшие по причине замачивания просадочных пород. Это означает, что даже соблюдение при проектировании требований нормативных документов [5] не всегда обеспечивает надёжную эксплуатационную пригодность сооружений, возведённых на просадочных грунтах.

Связывается данное обстоятельство, с одной стороны – с нераскрытой до конца природой просадочных свойств грунта [6]; с другой стороны – с выбором характеристик прочности и деформативности уплотнённого грунта.

Прочностные, деформационные и фильтрационные свойства просадочных грунтов Молдовы в условиях естественного залегания изучены достаточно подробно и отражены в работах Богдевича О.П., Гончарова В.С., Костика Г.Е., Монюшко А.М., Олянского Ю.И. и др.

В тоже время, исследования свойств просадочных уплотненных (видоизменённых) грунтов в республике практически не проводились. В настоящей работе нашли отражение результаты исследований, выполненных на одной из строительных площадок в мун. Кишинэу, сектор Ботаника.

Исследования проводились с целью изучения возможного изменения физико-механических свойств природных грунтов в результате их уплотнения с помощью установки RG компании “RTG RAMMTECHNIC Gmbh”.

Краткая характеристика инженерно-геологических условий площадки строительства

В геоморфологическом отношении площадка строительства приурочена к одной из верхних надпойменных террас правого склона р. Бык. Абсолютные отметки поверхности колеблются в пределах 170,10÷172,80 м.

В геологическом строении принимают участие отложения четвертичного возраста, представленные аллювиально-делювиальными суглинками, супесями, аллювиальными песками, подстилающими супесями и глинами неогенного возраста. Описание одной из колонок приведено в таблице 1.

Особенностями геологического строения площадки являются: 1) неоднородность просадочной толщи, проявляющаяся в резком изменении физических свойств грунтов 2) наличие прослоев песка 3) чередование рыхлых и трещиноватых грунтов с более плотными грунтами 4) незакономерное залегание по глубине и простиранию песков.

По результатам компресионных испытаний суглинки и супеси до глубины 14,4÷16,3 м обладают просадочными свойствами. Общая мощность просадочной толщи изменяется от 13,5 до 15,1 м. Начальное просадочное давление по глубине изменяется незакономерно – от 22 до 212 кПа. Суммарная величина максимальной просадки от собственного веса при полном водонасыщении грунта достигает 39,6 см; тип грунтовых условий по просадочности – второй.

Таблица 1

Геологическая колонка (скв. 1т)

Отметка устья, м – 172,60 Глубина, м – 31,0
Способ бурения: ударно канатный, с 25,5м - вращательный Диаметр, м – 127
Появившийся уровень подземных вод, м – 26,5 Крепление, м - нет
Установившийся уровень подземных вод, м - 26,5 Дата проходки: 08.2015

№ слоя	Геологический индекс	Литологическое описание пород	Глубина залегания слоя, м		Мощность слоя, м	Отметка подошвы слоя, м
			от	до		
1	tQIV	Насыпной грунт (почва с гнёздами щебня, песок с примесью строительного и бытового мусора);	0,0	1,2	1,2	171,40
1a		Почвенно-растительный грунт;	1,2	1,6	0,4	171,00
2	adQIV	Суглинок темно-бурый, с гнездами почвы, с 2,0 м желтый, с 3,0 м темно-желтый, твердый, маркопористый;	1,6	5,2	3,6	167,40
3		Супесь желтого цвета, твердая, макропористая, с присыпками песка, с прожилками карбонатов;	5,2	6,0	0,8	166,60
4	adQIII-IV	Суглинок желтый, до 8,5 м с прослойками супеси, с 8,5 м светло коричневый, с 10,0 м вертикально трещиноватый, с 10,5 м темно-коричневый, в интервале 11,0-12,5 м темно-желтый, рыхлый, с гнездами почвы и песка, с 12,5 м желто-коричневый, трещиноватый, трещина заполнена карбонатами, твердый, пористый, неоднородный;	6,0	13,2	7,2	159,40
5		Суглинок красновато-коричневый, плотный, с 13,5 м светло-коричневый с прожилками карбонатов, с 14,0 м с карбонатным щебнем, с 15,5 м желто-коричневый, плотный, массивный, с 16,2 м с прослойками песка и супеси, с 17,0 м серовато-желтый, с гнездами гравия, песка;	13,2	17,5	4,3	155,10
6,7	adQII	Песок мелкий, в кровле с прослойками песка пылеватого, прослоями супеси, желваками коричневого суглинка, с 18,8 м с прослойками (5-7 см) серой глины, с 20,0 м с прослоями коричневого суглинка, с 21,0 м с прослойками супеси пластичной (до 10 см) и песка пылеватого, маловлажный, средней плотности; с 21,5 до 22,7 м супесь желто-серого цвета, твердая, в подошве пластичная, с прослойками песка; с 22,7 м песок мелкий, маловлажный, с гнёздами суглинка, с 23,0 м с обломками слабоцементного песчаника;	17,5	23,6	6,1	149,00
8	NIS	Песок средней крупности, плотный, маловлажный, от светло-желтого до серовато-коричневого цвета, 25,5-25,7 м - песчаник бежевого цвета, сцементированный, крепкий, глубже песок с обломками песчаника, редко – прослойки глины, с 26,0 м влажный, с 26,5 м водонасыщенный;	23,6	27,0	3,4	145,60
9		Супесь серого цвета, текучая, с прослойками глины и песка;	27,0	30,4	3,4	145,60
10		Глина серого цвета, полутвердая.	30,4	31,0	0,6	141,60

С глубины 12,2÷13,4 м проявление просадочных свойств суглинков во многом определяется наличием включений обломков песчаника, карбонатного щебня, прослоев песка.

Подземные воды обнаружены всеми скважинами на глубинах 24,8-26,5 м от дневной поверхности (абс. отм. 145,4÷146,10 м). Водовмещающими породами являются пески и супеси; водоупором служат сарматские глины.

Приборы, оборудование, методика проведения исследований

Изучение физико-механических свойств просадочных и уплотнённых грунтов проводилось в два этапа.

На первом этапе на площадке было осуществлено бурение 3-х скважин с отбором необходимого количества монолитов и их последующим испытанием в лаборатории. На втором этапе – предварительно было проведено устройство грунтовых скважин с использованием установки RG. Изготовление скважин осуществлялось вибрирующей каплей под большим давлением, передающимся на грунт. Для заполнения пробитой скважины грунтом (суглинком) совместно с установкой RG использовался легкий бульдозер (рис. 1).

Рис. 1 Устройство грунтовых свай с помощью установки RG.

После изготовления свай на заданном расстоянии осуществлялось контрольное бурение скважин с отбором проб уплотнённого грунта. В дальнейшем в лабораторных условиях по стандартным методикам были определены характеристики физических, просадочных и прочностных свойств грунтов.

Результаты исследования и дискуссия

В соответствии с задачами исследования получены новые данные физических и физико-механических свойств лессовых грунтов в уплотненном состоянии.

В таблице 2 и 3 приведены результаты лабораторных исследований грунтов, после уплотнения, которые сравнивались со средними значениями соответствующих характеристик, определенных в естественных условиях.

Таблица 2

Сравнение физических показателей грунтов

Тип грунта	Число пластичности I_P, дол. ед.	Показатель текучести I_L, дол. ед.	Плотность грунта ρ, г/см^3	Влажность W, проц.	Плотность сухого грунта ρ_d, г/см^3
Суглинок в условиях естественного залегания	12	< 0	1,57	12,0	1,39
Суглинок после уплотнения	8 – 12	< 0	1,88 – 2,09	8,0 – 12,0	1,61 – 1,91

Таблица 3

Сравнение механических показателей грунтов

Тип грунта	Относительная просадочность ε_{sl}, дол. ед. ($P = \sigma_{zg}$)	Начальное просадочное давление P_{sl}, кПа	Модуль деформации E, МПа	Угол внутреннего трения φ, град.	Общее сцепление c_w, кПа
Суглинок в условиях естественного залегания	0,002 – 0,04	22 - 212	9	18	16
Суглинок после уплотнения	–	–	18 – 41	19 – 31	47 – 87

Анализ полученных результатов показал, что после уплотнения характеристики физико-механических свойств грунтов по глубине ствола сваи улучшились в значительной степени. Так плотность сухого грунта увеличилась в 1,2÷1,4 раза, модуль деформации увеличился в 2÷4,5 раза, угол внутреннего трения увеличился в 1,1÷1,7 раза, а общее сцепление увеличилось в 2,9÷5,4 раза. Просадочные свойства грунтов при этом исчезли.

Выводы и предложения

1. Для устранения просадочных свойств грунтов при строительстве на площадках II типа условий по просадочности может быть использован метод глубинного уплотнения, основанный на применении RG установки.
2. Данные лабораторных испытаний свидетельствуют, что грунты ствола сваи обладают надежными характеристиками прочностных и деформационных свойств, в разы превосходящими эти значения для грунтов в естественном залегании.
3. Настоящие исследования планируется продолжить с целью изучения поведения образующегося грунто-свайного массива в условиях длительной фильтрации воды сквозь лессовую толщу, определяющей послепросадочное уплотнение [7].

Литература

1. Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Чарыкова С.А., Киселева О.В., Тихонова Т.М. Опыт прогноза подтопления лессовых территорий. В: Материалы Международной научно-практической конференции “Геориск - 2012”. М.: РУДН, 2012, с. 37-42.
2. Олянский Ю.И., Перфилов В.А., Махова С.И., Кузменко И.Ю., Чарыкова С.А. Прогноз подтопления урбанизированных территорий. В: Геология, география и глобальная энергия. 2013. №1(48), с. 119-129.

3. Олянский Ю.И. Лессовые грунты юго-западного Причерноморья (в пределах республики Молдова). Кишинев: Штиинца, 1992, 130 с.
4. Богомолов А.Н., Олянский Ю.И., Шиян С.И., Тихонова Т.М., Киселева О.В. Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород междуречья Прут – Днестр. В: Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит, 2011, вып. 24(43), с. 33-45.
5. СНиП 2.02.01 – 83* Основания зданий и сооружений. М., 2000.
6. Тихонов В.Т. Теория формирования просадочности лессовых пород. М.: ГЕОС, 2003, 275 с.
7. Богомолов А.Н. Особенности деформационного поведения замедленно-просадочных лессовых грунтов в основаниях инженерных сооружений при техногенном обводнении. В: Вестник ПНИПУ. Сер.: Стр-во и архит. т.7, №3, 2016, с. 34-45.

Primit la redacţie – 16/02/2018

Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al AŞM, N2, 2017

УДК 624.131

Полканов В.Н.[1], Кырлан А.В.1, Чебан О.С.1

Инженерно-геологическая характеристика оползневого участка "4-ый км автомобильной дороги Устия-Холеркань" в Центральной Молдове

Abstract

The results of a study of a landslide area located in Central Moldova on the 4th km of the Ustia-Holercani road are presented. The features of the engineering-geological structure of the physical and mechanical properties of the deluvial-landslide soils are studied. The reasons for the activation of the landslide are revealed and analyzed. The stability of the slope is estimated.

Keywords: *landslide area, soil properties, deformation development forecast.*

Rezumat

Sunt prezentate rezultatele cercetărilor unui lot amplasat în Centrul Moldovei la km-ul 4 al drumului auto Ustia-Holercani. Sunt studiate caracteristicile structurii geologico-inginereşti a proprietăţilor fizice şi mecanice ale pământurilor deluviale alunecătoare. Au fost depistate şi analizate cauzele activizării alunecărilor de teren. A fost estimată stabilitatea versantului.

Cuvinte cheie: *teren alunecător, proprietăţile pământurilor, prognozarea dezvoltării deformaţiilor*

Резюме

Приведены результаты исследований оползневого участка, расположенного в Центральной Молдове на 4-м км автомобильной дороги Устия-Холеркань. Изучены особенности инженерно-геологического строения физико-механических свойств делювиально-оползневых грунтов. Выявлены и проанализированы причины активизации оползня. Проведена оценка устойчивости склона.

Ключевые слова: *оползневой участок, свойства грунтов, прогноз развития деформаций.*

Введение

Обследуемый участок расположен в Центральной Молдове на 4-м км автодороги Устия-Холеркань. По проекту на рассматриваемом участке трасса должна быть проложена в верхней части правого залесенного потенциально опасного склона р. Днестр. Поверхность склона неровная: узкие, почти горизонтальные площадки, являющиеся, по-видимому, остатками эрозионно-денудационных террас, чередуются с крутыми уступами.

Строительство участка трассы может вызвать активизацию оползневых процессов. Это обстоятельство вызывает определённые трудности у проектировщиков [1, 2-4].

Проведённые исследования ставили своей целью выработку оптимального решения по устройству автомобильной дороги в пределах оползнеопасного участка.

[1] Технический Университет Молдовы

1. Краткие сведения о геоморфологических условиях и геологическом строении района исследований

В геоморфологическом отношении территория характеризуется как приподнятая денудационная равнина, начавшая формироваться в нижнем плиоцене [5].

Приподнятость территории в начале четвертичной эпохи обусловила значительную глубину вреза эрозионной сети. В результате размыва и расчленения первичной нижнеплиоценовой аллювиально-аккумулятивной равнины образовалась денудационная поверхность выравнивания, имеющая уклон в сторону р. Днестр и сохранившаяся на склонах в виде отдельных фрагментов. Прорезающая эту поверхность долина р. Днестр имеет резко асимметричное строение. Правый склон долины крутой, в нижней его части четко прослеживаются отдельные, почти горизонтальные поверхности, представляющие собой остатки надпойменных террас.

На склоне большое развитие имеют овраги. Одни из них врезаются в лёссовидные суглинки и обычно имеют крутые борта, другие – в глинистую делювиально-оползневую толщу, образовавшуюся, в основном, за счет разрушения пород сармата. В результате неоднократных оползневых смещений, борта оврагов приобрели характерные ступенчатые или выпуклые профили. Один из таких оврагов расположен на склоне, в непосредственной близости от исследуемого участка, на котором произошла активизация оползневого процесса в результате строительства насыпи автомобильной дороги.

На обследованном участке рельеф склона ступенчато-бугристый. Весь склон покрыт толщей делювиальных накоплений, представленных глинисто-мергелистыми отложениями с включением больших глыб известняка.

Очевидно, известняки залегают в верхней части склона, бронируя его. Толща их неоднородная, содержит слабые глинисто-мергелистые прослои, которые легче и быстрее выветриваются и разрушаются, в результате чего прочные разновидности известняков создают нависающие карнизы, которые затем обрываются и сползают вниз по склону вместе с глинистой массой.

Геодинамические процессы развиваются в средне-сарматских, плиоценовых и нерасчлененных плиоцен-четвертичных отложениях, вскрываемых современным эрозионным врезом.

Краткое геологическое строение участка приводится по данным фондовых материалов Управления геологии.

Среднесарматские отложения представлены двумя толщами. Нижняя, известняковая, достигает мощности 100–120 м. К юго-западу мощность известняков сокращается до 5 м. Верхняя толща сложена глинами с прослоями песков, мергелей; в нижней части отмечаются прослои оолитовых известняков и известняков-ракушечников. Мощность прослоев непостоянна, изменяется от 0,5 до 30м. На обследованном участке эти отложения слагают коренной склон.

За пределами участка, на водораздельных пространствах, развиты верхнесарматские отложения, представленные глинами зелеными, серовато-зелеными, пятнистыми, с прослоями песка и известняков-ракушечников. Песчаные прослои содержат включения дресвы известняков-ракушечников и песчаников. Верхняя часть толщи сложена глинисто-мергелистыми породами с прослоями гравия, галечника, известняков-ракушечников.

Таким образом, вся толща сарматских отложений крайне неоднородна. Глинистые породы легко подвергаются процессам выветривания и смещаются вниз по склону, поэтому составляют основную массу делювия, покрывающего крутой правый склон Днестра. В результате выветривания известняки, залегающие на глинах, образуют нависающие карнизы. Они разрушаются и скатываются вниз по склону в виде глыб размером до 2,0 м. Состав и мощность делювия изменяются по площади в результате различной степени выветрелости пород.

Отложения плиоцена представлены, в основном, аллювием речных террас. Четвертичные отложения представлены континентальными образованиями (суглинками, песками), а также делювиально-оползневыми и элювиальными образованиями.

Гидрогеологические условия довольно сложные. Выдержанный водоносный горизонт отмечен в средне-сарматских известняках. Выходы подземных вод на склоне приурочены к этим отложениям. Для вышележащих пород характерны подземные воды, приуроченные к линзам и прослойкам песка.

Таким образом, имеющиеся геологические материалы позволяют предположить, что эрозионная поверхность среднесарматских известняков покрыта плащом перемятых аллювиальных и делювиально-оползневых накоплений, в толще которых происходят активные оползневые деформации [6, 7].

Толща делювиально-оползневых накоплений сложена тяжелыми, комковатыми суглинками, ближе к подошве – с прослоями гальки, гравия, дресвой известняка; встречаются глыбы известняка мощностью до 2,0 м. Подстилают их глины, в верхней части склона – известковистые, с включениями ракушек. Общая мощность вскрытых делювиально-оползневых накоплений в верхней части разреза – 18,5 м; в средней – 22,0 м. Коренные отложения вскрыты не были.

2. Физико-механические свойства делювиально-оползневых грунтов

Исследования физико-механических свойств грунтов выполнялись в лабораторных условиях на монолитах, отобранных в процессе бурения скважин, расположенных в пределах активного оползня и за его границами.

Полный комплекс физико-механических испытаний выполнен для делювиально-оползневых грунтов как основной толщи, в которой происходят оползневые подвижки. Для суглинков были определены основные физические характеристики и выполнены сдвиговые испытания.

Делювиально-оползневые грунты, весьма неоднородны по своему составу и представлены комковатыми, пестроцветными глинами, с частыми включениями гальки, гравия, дресвы известняков, гнездами бурого суглинка и песка разной крупности: иногда ожелезненного, со стяжениями карбонатов (в диаметре 4…5 см).

Прочностные характеристики делювиально-оползневых грунтов определялись на образцах естественной влажности по методике быстрого сдвига на одноплоскостном срезном приборе. Сдвиг выполнялся при трех значениях вертикального давления (σ = 100, 200 и 300 кПа). Испытания проводились при каждом давлении по 3-м схемам: на образцах ненарушенной структуры, по подготовленной и подготовленной увлажненной поверхности сдвига.

Опытами на сдвиг по подготовленной и подготовленной увлажненной поверхности в лабораторных условиях моделировали влияние на прочность пород трещиноватости и увлажнение по ослабленным зонам.

Изменения физических и прочностных характеристик делювиально-оползневых грунтов по глубине показаны на рис. 1-2.

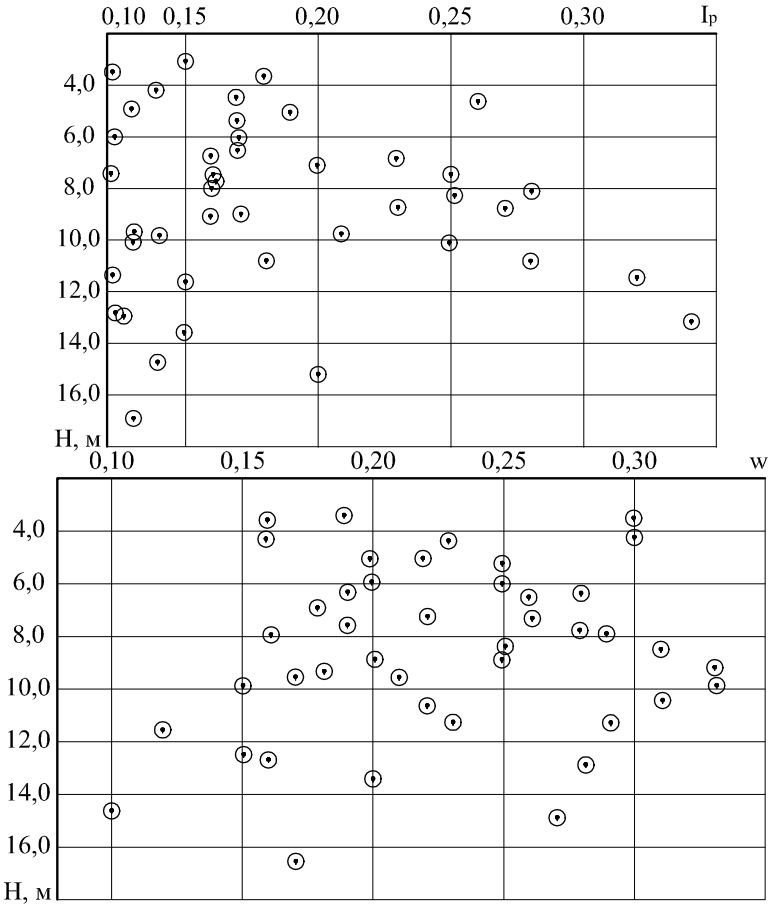


Рис. 1. Изменение числа пластичности и значений естественной влажности по глубине.

Как видно из рисунков, в изменении характеристик по глубине закономерности не наблюдается, и вся толща может быть отнесена к одному ИГЭ.

Была предпринята попытка получить зависимость сопротивления оползневых грунтов сдвигу от числа пластичности, как характеристики состава пород (рис. 3).

Для делювиально-оползневых грунтов данного участка такая зависимость не выявлена.

Не наблюдается зависимости изменения прочностных характеристик делювиально-оползневых грунтов от влажности (рис. 3), изменяющейся для испытанных образцов в широких пределах (10...33 %).

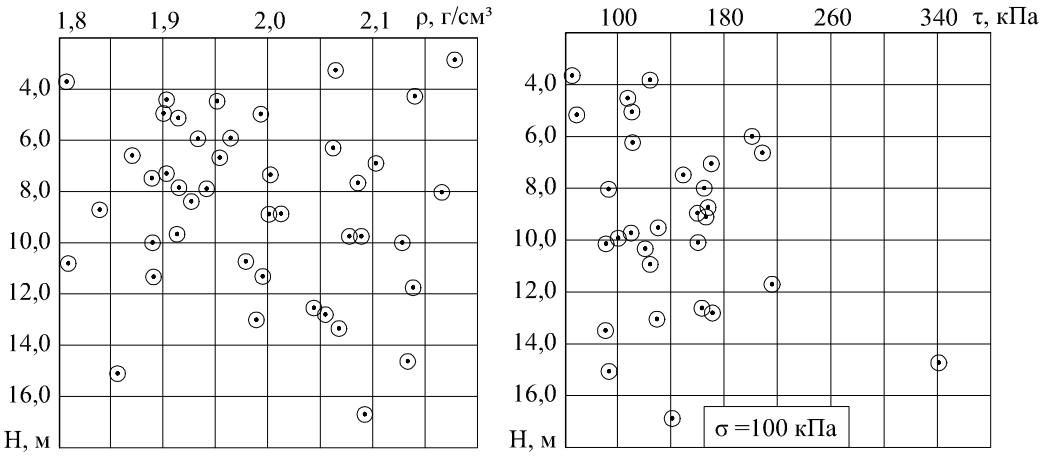


Рис. 2. Изменение характеристик прочности и плотности по глубине

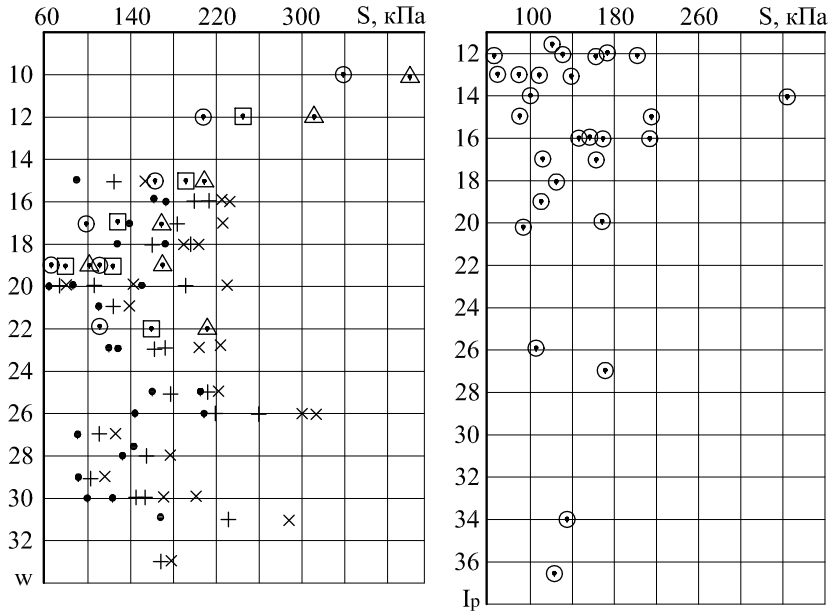


Рис. 3. Изменение прочности грунтов от влажности и числа пластичности.
–сопротивление грунтов сдвигу ненарушенной структуры при σ=100 кПа;
–сопротивление грунтов сдвигу ненарушенной структуры при σ=200 кПа;
–сопротивление грунтов сдвигу ненарушенной структуры при σ=300 кПа;

В то же время, при примерно одинаковых значениях влажности и плотности наблюдается значительный разброс значений сопротивляемости сдвигу образцов грунта ненарушенной структуры: при σ = 100 кПа значения прочности изменяются в пределах: S = 62...217 кПа; при σ = 300 кПа: S = 112...310 кПа. То есть, в изменении прочности делювиально-оползневых глин ведущая роль принадлежит наличию и направленности поверхностей ослабления.

Отсутствие каких-либо закономерностей в изменении сопротивления грунтов сдвигу позволило провести статистическую обработку полученных результатов и

определить нормативные и расчетные значения прочностных характеристик делювиально-оползневой толщи и прочности пород в зоне оползневого смещения.

Для ненарушенной структуры получено уравнение: $S = 0{,}34\sigma + 101$, кПа.

Для зоны оползневого смещения обработка результатов сопротивления сдвигу проводилась по среднеминимальным значениям.

Полученная зависимость прочности при испытаниях по ненарушенной структуре выражается уравнением: $S = 0{,}25\sigma + 69$, кПа.

Аналогичные зависимости получены для подготовленной и подготовленной увлажненной поверхности сдвига (табл. 1).

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения параметров сопротивления грунта сдвигу

Тип глин	Вид испытаний	Нормативные значения		Расчетные значения при доверительной вероятности, равной			
				$\alpha_I = 0{,}95$		$\alpha_I = 0{,}85$	
		C^H, кПа	φ^H, Град	C_I, кПа	φ_I, град	C_{II}, кПа	φ_{II}, град
Делювиально-оползневые	Грунты, отобранные из зоны оползневого смещения						
	Ненарушенная структура	69	15	33	5	47	9
	Подготовленная поверхность сдвига	24	11	13	9	6	6
	Подготовленная увлажнённая поверхность сдвига	12	6	–	–	–	–
	Грунты оползневой толщи						
	Ненарушенная структура	101	19	88	16	93	17

Анализ полученных результатов подтверждает вывод о том, что на прочность делювиально-оползневых накоплений первостепенное значение оказывают наличие и направленность поверхностей ослабления, структурные особенности, степень сохранности первичного сложения.

3. Причины активизации оползня, прогноз оползневой опасности

Оценка оползневой опасности выполнялась на основе полученных значений прочностных характеристик грунтов, анализа геологического строения склона, выполненных расчётов [8].

Расчеты выполнялись по двум поверхностям смещения, установленным по данным бурения, методом горизонтальных сил Н.Н. Маслова (табл. 2).

Расчетные характеристики прочности приняты соответствующими подготовленной поверхности сдвига.

На основе полученных значений, а также по значениям, отвечающим остаточной прочности, были построены профили равноустойчивого откоса.

Анализ имеющихся геологических материалов и результатов расчетов показал, что еще до устройства насыпи, в периоды обильного выпадения осадков, устойчивость склона не обеспечивалась. На склоне происходили незначительные подвижки грунта в средней и верхней частях (в том числе и на участке устройства насыпи). Склон здесь еще не достиг предельного уположения. Устройство насыпи повлияло на устойчивость склона. Начавшиеся на нем деформации привели к ее разрушению.

Таблица 2

Результаты расчетов устойчивости склона

Расчетная схема	Коэффициент устойчивости		Поверхность смещения
	вариант 1 (без учёта насыпи)	вариант 2 (с учётом насыпи)	
I-I	0,98	0,89	без контрбанкета
II-II	0,87	0,86	без контрбанкета
III-II	0,9	0,86	без контрбанкета
III-II	0,9	0,87	с малым контрбанкетом
III-II	0,9	0,87	с большим контрбанкетом
Нижняя часть склона	0,83	-	-

Примечание: принятые характеристики $\varphi = 6°$; C = 12,0 кПа; $\gamma = 19{,}8$ кН/м^3.

Если принимать одинаковые граничные условия, глубина расположения поверхности смещения практически не влияет на изменение запаса устойчивости.

Языковая часть активного оползня не достигает подошвы склона и является неустойчивой. Во время рекогносцировочного обследования этого участка наблюдались глубокие трещины, разделяющие отдельные смещающиеся блоки.

Предлагаемый проектировщиками контрбанкет не повышает запас устойчивости до необходимых значений, поскольку будет “висячим” сам откос контрбанкета крутой, его устойчивость не обеспечена.

Сравнение профиля равноустойчивого откоса с существующим рельефом показало, что в верхней и средней части склона деформации будут продолжаться до тех пор, пока не произойдет его предельное уположение.

Выводы и рекомендации

Результаты выполненного исследования легли в основу корректировки проекта строительства участка автомобильной дороги. Проектировщикам рекомендовано:

- уточнить геологическое строение верхней части склона выше существующей объездной дороги до плато и обосновать расчетные схемы;
- уточнить значения расчетных прочностных характеристик оползневых грунтов;
- рассчитать профиль равноустойчивого откоса и в соответствии с ним выполнить планировку в активной до настоящего времени нижней части оползневого склона;
- установить сеть реперов для наблюдения за динамикой оползня;
- на основе технико-экономического сравнения вариантов устройство автодороги выявить оптимальный в условиях перспективной застройки территории. Для сравнения принять:
  1. устройство защитных мероприятий для всего склона;
  2. устройство удерживающих конструкций для обеспечения устойчивости только насыпи;
  3. строительство на рассматриваемом участке эстакады.

Литература

1. Добров Э.М., Аксенов А.И., Львович Ю.М. и др. Методические рекомендации по противооползневым мероприятиям на автомобильных дорогах в условиях Молдавии. М.: Союздорнии, 1975. 58 с.
2. Маслов Н.Н., Полканов В.Н. Обоснование противооползневых мероприятий при строительстве автодорог Молдавии // Вопросы геотехнического обеспечения дорожного строительства: Сб. научн. тр. МАДИ. М.: МАДИ, 1986. С. 30-43.
3. Оценка инженерно-геологических условий и расчет устойчивости склонов и откосов при проектировании земляного полотна в сильнопересеченной местности. В: Труды СОЮЗДОРНИИ, 1980. 163 с.
4. Полканов В.Н., Полканова А.В. Опыт изучения инженерно-геологических условий устойчивости склонов и откосов искусственных сооружений. Кишинёв: ТУМ, 2017. 184 с.
5. Геологическая изученность СССР, том 44. Молдавская ССР /Глав. ред. Д.В. Наливкин/. Кишинёв: Штиинца, 1961. 92 с.
6. Золотарев Г.С. Рогозин А.Л. Закономерности формирования склонов Днестра и методика прогноза их переработки при нестационарном уровневом режиме водохранилищ. В: Инженерная геология, 1976, №6. С. 47-63.
7. Максимов М.М. Опыт исследования активности оползней при составлении прогнозной карты Центральной Молдавии. В: Труды ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии, 1978, № 119. С. 23-28.
8. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними). М.: Стройиздат, 1977. 320 с.

Primit la redacţie – 08/12/2017

Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al AŞM, N2, 2017

УДК 624.131

Рышковой А.Д.[1]

Основные проблемы строительства зданий и сооружений в Молдове на грунтах II типа по просадочности

Abstract

In the article there are analysed: the causes of deformation of buildings located on subsidence ground in Moldova; methods of preparation of the base; types of foundations used. It is justified the necessity of complete elimination of subsidence properties during construction on the sites with the second type of subsidence ground.

Key words: *subsidence ground, deformation of buildings, anti-subsidence measures, deep compaction.*

Rezumat

În articol sunt analizate următoarele aspecte: cauzele deformaţiilor clădirilor edificate pe terenurile tasabile din R. Moldova; metodele de pregătire a terenurilor de fundare; tipurile de fundaţii utilizate. Este prezentată justificarea necesităţii înlăturării complete a proprietăţilor de tasare la edificarea construcţiilor pe terenuri de tipul II de tasabilitate.

Key words: *terenurile tasabile, deformaţiile clădirilor, metodele de înlăturare a tasabilităţii, compactarea de adâncime.*

Резюме

В статье проанализированы: причины деформации зданий, размещенных на просадочных грунтах в Молдове; методы подготовки основания; используемые виды фундаментов. Обоснована необходимость полного устранения просадочных свойств при строительстве на площадках II-го типа условий по просадочности.

Ключевые слова: *просадочные грунты, деформации зданий, противопросадочные мероприятия, глубинное уплотнение.*

Введение

Принципы проектирования и строительства на просадочных грунтах с применением водозащитных и конструктивных мероприятий, а также различных способов устранения просадочных свойств, являются основой нормативных документов в Молдове и во многих других странах.

Основанные на теории просадки Ю.М. Абелева [1], в целом эти принципы обеспечивают надлежащую эксплуатационную пригодность зданий и сооружений; строительство стало возможным на любой по мощности толще макропористых просадочных грунтов. Однако имеется ряд случаев неудовлетворительной работы оснований фундаментов, повлекших за собой серьезные последствия, в том числе и разрушения.

[1] Технический Университет Молдовы

Поэтому выбор правильных конструктивных решений при проектировании и строительстве зданий, размещенных на просадочных грунтах, по-прежнему является сложной задачей, требующей своего разрешения.

Анализ причин деформаций оснований фундаментов зданий, размещенных на просадочных грунтах

В Молдове дополнительным деформациям, вызванным в основном замачиванием лессовых пород, были подвержены десятки зданий и сооружений, в том числе: жилые дома по улице Тираспольской (с. Бычок); жилой дом по улице Ленинградской (г. Тигина); 9-ти этажные секционные жилые дома по улице Богдан Воевод и проспекту Москова; 5-ти этажные жилые дома по улицам 31 августа и Студенческая; здание школы по улице Кодряну; 2-х этажный жилой дом по улице Теодорович мун. Кишинэу.

Неравномерные деформации приводили к раскрытию трещин и сопровождались длительной осадкой (более 5 лет), после чего ситуация стабилизировалась и здания после проведенного ремонта продолжали эксплуатировать.

Однако в большинстве случаев после нарушения условий эксплуатации требовалось принятие дополнительных мер.

В частности, в 2009 г. был отмечен случай неравномерных деформаций 3-х этажного здания по ул. Дойна в мун. Кишинэу.

Анализ полученных результатов определения физико-механических свойств исследуемых грунтов показал, что основанием фундаментов здания служат грунты, обладающие различными прочностными и деформационными свойствами (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики физико-механических свойств грунтов основания фундаментов здания по ул. Дойна, мун. Кишинэу

№ шурф-скважины	Наименование грунта	Показатель текучести I_L, доли ед.	Прочность грунта S, кПа	Модуль деформации E, МПа	Расчетное сопротивление R, кПа
1	Суглинок туго- и мягкопластичный	0,46	63	14	227
2	Суглинок тугопластичный	0,29	75	19	285
3	Суглинок полутвердый	0,12	87	20	354

Проведенные обследования и расчеты показали, что основной причиной появления трещин в несущих стенах явилось замачивание просадочных грунтов основания в левом крыле здания. В результате замачивания произошло снижение прочностных и деформационных характеристик грунтов и, как следствие, расчетного сопротивления. Это привело к увеличению зон локальных сдвигов и развитию неравномерных осадок фундаментов.

Причины деформации основных несущих конструкций 2-х этажного жилого дома по ул. Дойна ши Ион Алдя-Теодорович, мун. Кишинэу, также были связаны с замачиванием просадочных грунтов.

В геоморфологическом отношении площадка приурочена к водораздельной части правого берега р. Бык. Абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 108,0-111,0 м.

До глубины 10 м в строении толщи принимают участие четвертичные аллювиально-делювиальные суглинки и супеси: суглинки – до 7,7 м, супеси – до 10,0 м. Подземные воды вскрыты на глубине 9,3 м. Тип грунтовых условий по просадочности – II-ой. Максимальные значения относительной просадочности приурочены к верхней части толщи (до 4,5 м).

В период эксплуатации жилого дома грунты основания неоднократно испытали замачивание вследствие утечек из коммуникаций. Расчеты показали, что расчетное сопротивление в условиях полного водонасыщения уменьшилась в 2,8 раза (до 86,2 кПа), а значение просадки фундаментов оказалось равным 49см. Относительная деформация составила 0,04, что значительно превосходит предельно допустимые значения (0,002).

На основе выполненных рекогносцировочных работ, изучения и анализа фондовых материалов и проведенных расчетов было установлено, что причиной изменения в напряженно-деформированном состоянии конструкций явилось неоднократное замачивание просадочных грунтов основания за счет утечек воды из коммуникаций и инфильтрации атмосферных осадков в условиях нарушения режима эксплуатации здания.

Приведенные примеры характеризуют поведение оснований и фундаментов зданий, построенных в период 50-60-х гг. XX века, когда основы расчета и проектирования фундаментов на лессовых грунтах находились на стадии становления.

В то же время в республике имели место деформации зданий, построенных в период 70-80-х гг. XX века, испытавших неравномерную просадку, даже после осуществления комплекса противопросадочных мероприятий. В качестве примера можно привести случай деформации 9-ти этажного жилого дома по ул. Богдан-Водэ, мун. Кишинэу.

Анализ геологического строения показал, что мощность лессовой толщи в основании здания достигает 19,5 м; грунты обладают просадочными свойствами до глубины 12-14 м. Подстилающими отложениями служат сарматские глины; тип грунтовых условий по просадочности – II-ый.

9-ти этажный жилой дом серии 135 состоит из семи секций, разделенных между собой деформационными швами шириной 30 см. Фундаменты ленточные. Основным противопросадочным мероприятием явилось создание грунтовой подушки мощностью 1,5 м из местных суглинков. В 1978 г. произошло замачивание толщи в результате аварийных утечек. Вследствие фильтрации воды в грунты основания произошла неравномерная осадка двух отсеков. Это привело к наклону отдельных секций дома на 18-20 см. Некоторые секции сомкнулись на уровне парапетов.

В результате длительной фильтрации воды влажность грунтов в пределах зоны замачивания увеличилась от 11-15% до 19-23%. Максимальная глубина увлажнения составила 12-14м. Консистенция грунтов изменилась от твердой и полутвердой до туго- и мягкопластичной.

Для устранения крена здания и стабилизации осадки было применено регулируемое замачивание грунтов в основании, которое осуществлялось более

года. Осадки были полностью стабилизированы, однако крен отдельных секций устранить не удалось из-за неоднородности грунтов основания. Осадки здания в результате регулируемого замачивания основания достигли 45-55 см.

В настоящее время здание продолжает эксплуатироваться. По мнению автора, с учетом того факта, что достигнутые осадки вдвое превышают предельно допустимые значения, для безопасной эксплуатации здания должен быть организован мониторинг поведения фундаментов и основных несущих конструкций.

Более значительной по своим негативным последствиям оказалась неравномерная деформация грунтов в основании фундаментной плиты второго корпуса жилого дома по ул. Думенюк, мун. Кишинэу. В июне 2010 г. в осях 7-12 были отмечены неравномерные деформации. Осадка в углах здания составила: по осям 12-В – 94 мм; 12-Д – 110 мм. Подъем основания в углу здания по оси 7 достиг 55 мм.

Анализ проектной документации и проведенное обследование здания показали, что фундамент выполнен в виде монолитной железобетонной плиты. Основанием служит грунтовая подушка, отсыпанная из суглинка, толщиной 4,9м.

В ходе исследований физико-механических показателей свойств грунтов было выявлено снижение плотности грунтовой подушки, в первую очередь – ее верхней части, до глубины 2,5-3,0м. Основной причиной изменения характеристик грунтовой подушки явилось дополнительное увлажнение в период выпадения осадков и снеготаяния.

В результате последующих расчетов установлено, что развитие неравномерных деформаций здания было обусловлено следующими причинами:

1. Уменьшением деформационных характеристик грунтов основания в результате дополнительного увлажнения. Согласно табл. 86 [2, с.241], модуль деформации уплотненного грунта (E) при природной влажности составляет E = 25000 кПа; в водонасыщенном состоянии E = 20000кПа. Однако в случае разуплотнения в условиях полного водонасыщения модуль деформации может снижаться до минимальных значений. Согласно табл. 1.2 [3, с. 11], E = 4000 кПа (уменьшение более чем в 5 раз по сравнению с исходными значениями).

2. Уменьшением прочностных характеристик грунтов. Расчетное сопротивление грунта R_0, согласно табл. 48 [2, с.107], для суглинков при плотности сухого грунта 1,7 г/см^3 составляет 300кПа. Это значение принималось при расчете фундаментной плиты. Однако в условиях разуплотнения и дополнительного увлажнения, в соответствии с табл. 1.9 [3, с. 26], значение расчетного сопротивления грунта может снижаться до 140-150кПа.

При проектировании фундаментной плиты общий вес здания, принятый для расчета, составил N = 9204 т; площадь плиты A = 434м^2; среднее давление по подошве $P_{ср.}$ = 212кПа. Максимальная нагрузка на плиту в условиях неравномерного загружения достигает значений P_{max} = 250кПа.

Это означает, что в условиях дополнительного увлажнения грунтов верхней части грунтовой подушки на глубине 2,5-3,0м под краями фундаментной плиты среднее давление превысило расчетное сопротивление грунта основания. Другими словами, под краями фундаментной плиты появились области дополнительных чрезмерных пластических деформаций в условиях $P > R$.

Требование п. 2.174 [2, с.99] не выполняется.

3. Проявлением дополнительных просадочных деформаций основания. Согласно принятому проектному решению, грунтовая подушка размещена на

суглинках, обладающих просадочными свойствами. Просадка от собственного веса нижней неуплотненной толщи составляет 1,35 см. Это означает, что в условиях дополнительного замачивания просадочные деформации только от природных давлений могут превысить как минимум 1,35 см.

Особо следует отметить, что наблюдаемые деформации носят неравномерный характер в силу различной степени замачивания грунтов основания и исходного состояния плотности-влажности грунта.

Сказанное подтверждается данными геодезических наблюдений: относительная деформация по оси 12 в осях В-Д составила 0,001, что меньше предельно допустимой; относительная деформация по створу в осях 7-12-Д составила 0,0056, что в 1,4 раза превышает предельно допустимые значения табл. 72 [2, с. 167].

Имевшие место деформации привели к остановке строительства здания.

Методологические основы, определяющие необходимость и способы устранения просадочных свойств грунтов при строительстве в Молдове

Повышение эффективности и надежности строительства фундаментов зданий и сооружений в значительной степени зависит от правильной оценки несущей способности грунтовых оснований. В то же время, вопрос обеспечения прочности и устойчивости зданий и сооружений, конструкции которых чувствительны к неравномерным осадкам, возводимых и эксплуатируемых в условиях распространения лессовидных просадочных грунтов, по-прежнему остается серьезной проблемой. Характерным свойством достаточно прочных в естественном сложении лессовидных грунтов является то, что возведенное при обычном производстве работ здание оказывается прочным и устойчивым лишь временно – до случайного замачивания грунтов в основании. Просадки основания при замачивании грунта могут быть более одного метра, здание при этом подвергается опасности полного разрушения.

Весьма показателен случай неравномерных деформаций в здании жилого дома в г. Ростов-на-Дону [4]. Жилой дом выполнен из монолитного железобетона в 1981 г. Состоит из 16 этажей с подвалом. Фундамент здания – плитный, железобетонный. Конструктивная схема: продольные и поперечные несущие стены. Основания фундаментов – просадочные грунты II-го типа.

Нарушения условий эксплуатации привели к изменению геометрического положения здания в пространстве. Общий крен составил порядка 60см. Осадки фундаментной плиты проявились неравномерно: максимальное значение достигло 42,2 см; минимальное – 4,0 см. Относительная деформация оказалась равной 0,012. Предельно допустимые значения были превышены почти в 2,5 раза. Здание признано аварийным.

С учетом того, что лессовые грунты покрывают существенную часть территории республики и находятся в зоне интенсивного промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства, возведение и эксплуатация зданий и сооружений в значительной степени зависят от правильной оценки инженерно-геологических условий и выбранного проектного решения.

Ранее было отмечено, что строительство на просадочных грунтах в республике в целом осуществляется успешно. Однако имелся ряд случаев, когда наблюдались

недопустимые деформации зданий и сооружений. Причина такого положения кроется не только в специфических свойствах лессовых грунтов в целом, но и в региональных особенностях. Недооценка существующих природных условий приводит к удорожанию строительства и к значительным затратам, связанным с ликвидацией последствий аварий.

Принципы возведения зданий и сооружений на просадочных грунтах в Молдове в период 1950-2017 гг. приведены на рис. 1.

1950-1960 гг.

- Строительство малоэтажных зданий ведется без устанения просадки;
- ФМЗ ППМ: планировка, лотки, отмостки;
- Неэффективность применяемых водозащитных мер;
- Многочисленные случаи деформации зданий при замачивании грунтов: трещины в несущих конструкциях, прогибы в полах, перекос окон, дверных проемов.
- Грунты в основании: I тип по просадочности.

1960-1980 гг.

- Строительство преимущественно 5-ти этажных зданий;
- Фундаменты: мелкого заложения; свайные; в вытрамбованных котлованах;
- ППМ: грунты в котлованах при строительстве на ФМЗ уплотняют с помощью тяжелых трамбовок;
- Давление по подошве фундаментов ограничивают начальным просадочным давлением ($p \leq p_{sl}$);
- При замачивании существенных деформаций не выявлено;
- Грунты в основании: I тип по просадочности.

1980-1990 гг.

- Массовая застройка городов Кишинэу, Тираспол, Тигина и др. 9-ти и 12-ти этажными жилыми домами крупнопанельной серии;
- Фундаменты: мелкого заложения; свайные;
- ППМ: грунтовая подушка на уплотненном тяжелыми трамбовками основании;
- При техногенном замачивании за счет подъема УПВ в некоторых зданиях - значительные неравномерные осадки и недопустимые перемещения;
- Грунты в основании: II тип по просадочности.

1990-2017 гг.

- Строительство частного сектора и многоэтажных зданий;
- Фундаменты: мелкого заложения (для 2-3х этажных зданий); СФ; плита;
- ППМ: грунтовая подушка, грунтовые сваи (редко), комплекс водозащитных мероприятий;
- При аварийном замачивании и подъеме УПВ: недостаточность мероприятий для зданий возведенных на сплошной плите;
- Неравномерные осадки, перекосы, крены;
- Грунты в основании: II тип по просадочности.

Рис. 1. Возведение зданий и сооружений на просадочных грунтах в Молдове

Примечание:

ФМЗ – фундаменты мелкого заложения; СФ – свайные фундаменты;

ППМ – противопросадочные мероприятия; УПВ – уровень подземных вод.

Одной из особенностей инженерно-геологических условий Молдовы является то, что просадочная толща часто залегает на сарматских глинах значительной мощности. В условиях урбанизации территории это обстоятельство привело к резкому подъему УПВ.

На отдельных участках повышение достигло 10-15 м [5]. В результате этого произошло замачивание нижних неуплотненных грунтов, часто составляющих активную зону под подошвой фундаментов. Как следствие, некоторые здания и сооружения претерпели серьезные деформации.

Такие деформации имели место и в рассмотренном выше случае строительства жилого дома по ул. Думенюк, мун. Кишинэу.

Случай развития неравномерных деформаций данного строящегося здания показал, что устройство грунтовой подушки и ликвидация просадочных свойств грунтов в верхней и средней части толщи в пределах глубины 5,0 м от подошвы фундаментной плиты не обеспечило надежную работу основания.

Этот случай и другие примеры свидетельствуют о том, что теории и практике проектирования и строительства на просадочных грунтах II-го типа должно по-прежнему отводиться особое место.

Не случайно, в связи с этим, что в последние несколько лет отмечена тенденция поиска новых подходов к изучению свойств просадочных грунтов и разработки методов подготовки оснований [6-9].

В частности, автор настоящей статьи предлагает использовать усовершенствованный метод глубинного уплотнения, основанный на применении RG-установки [10].

Метод впервые был применен при строительстве комплекса жилых домов по ул. Тесцемициану, мун. Кишинэу. Проведенными полевыми и лабораторными исследованиями установлено, что просадочные свойства грунтов в пределах образованного грунто-свайного массива устраняются полностью. Характеристики физико-механических свойств увеличиваются в 2-5 раз.

Исследования в этом направлении предполагается продолжить на площадках с различным геологическим строением.

Необходимость изучения просадочности грунтов региона, помимо чисто строительных задач, тесно связана с обеспечением экологической безопасности. Например, в южных районах республики планируемое строительство орошаемого комплекса предполагает решение многих проблем, сопутствующих возведению объектов гидромелиорации на структурно-неустойчивых грунтах.

Выводы

1. Рассмотренные случаи строительства на лессовых грунтах в мун. Кишинэу показывают, что применяемые конструктивные решения в ряде случаев не позволяют избежать недопустимых деформаций оснований фундаментов, а также зданий и сооружений в целом.

2. Применяемые для устранения просадки II-го типа грунтовые подушки толщиной более 3,0-3,5 м (иногда до 5,0 м) не могут гарантировать надежную работу фундаментов.

Усугубляет ситуацию низкое качество работ, часто наблюдающееся при подготовке оснований на лессовых грунтах, а также неэффективная защита от замачивания грунтов основания.

3. Отмеченные случаи деформации жилых домов, построенных и строящихся на грунтах II-го типа по просадочности, свидетельствуют о необходимости учета

региональных условий – их формирования и присущих этим грунтам физико-механических свойств.

Вышесказанное определяет необходимость разработки и применения новых противопросадочных мероприятий, с целью полного исключения нежелательных явлений и самой возможности проявления дополнительных осадок (просадок).

Литература

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах. 3-е изд. перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1979. 271 с.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. Москва: Стройиздат, 1986. 415 с.
3. Полканов В.Н. Фундаменты на просадочных грунтах. Основы проектирования и технология подготовки оснований: Учебное пособие / В.Н. Полканов, А.С. Диденкул, В.И. Топорец/. Кишинэу: ТУМ, 2010. 94 с.
4. Панасюк Л.Н. Моделирование работы сооружений с учетом проявления неравномерных деформаций в основании /Л.Н. Панасюк, Э.А. Таржиманов, Чантха Хо./ В:Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2011, № 4, С. 306-311. http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/591, дата посещения – февраль, 2018.
5. Гончаров В.С., Олянский Ю.И. Влияние пассивных факторов подтопления на подъем уровня грунтовых вод на территории г. Кишинева. В: Сб. ВИНИТИ. 1983. – № 6.
6. Богомолов А.Н. Изменение состава и свойств лессовых просадочных пород при замачивании и фильтрации воды /А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян и др. В; Вестник Волгоградского ГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. Вып. 26(45). С. 16-25.
7. Диденкул А.С., Куку О.С. Специальные технологии в строительстве. – Кишинэу: ТУМ, 2013. 187 с.
8. Кузнецова С.В. Просадочные и послепросадочные деформации лессовых оснований при фильтрации воды / С.В. Кузнецова, Ю.Л. Беляева и др./ В: Интернет-вестник Волг ГАСУ. Серия: Политематическая, 2013. Вып. 1(25). С. 7. www.vestnik.vgasu.ru, дата посещения – февраль, 2018.
9. Олянский Ю.И., Богомолов А.Н.. Опыт прогноза подтопления лессовых территорий /Ю.И. Олянский, А.Н. Богомолов С.А. Чарыкова и др./ В: Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции “Георриск-2012”. В 2-х т. Т. 1. Москва: РУДН, 2012. С. 37-43.
10. Рышковой А.Д. Применение новых технологий для устранения просадочных свойств грунтов основания. В: Международная конференция „Окружающая среда и устойчивое развитие”, 3-ий выпуск, посвященная 80-летию со дня рождения профессора, док. хаб. А. Лунгу (06-08 октября 2016). Кишинев: ГУ Тирасполь, 2016. С. 57-60.

Primit la redacţie – 28/02/2018

УДК 541. 18

Болотин О.А., Сюткин С.В.

Особенности минерального состава глауконитосодержащих песков верхнемеловых отложений Молдовы

Abstract

The article contains data on the features of the mineral composition of glauconite sands. The heterogeneity of their phase composition and the presence, in addition to glauconite and montmorillonite, also mixed-layer formations, as well as iron oxides (hematite, magnetite) are noted.

Keywords: *glauconite, mineral composition, rhoentgen phase analysis, thermography.*

Rezumat

Articolul conţine date despre caracteristicile compoziţiei minerale a nisipurilor glauconite. Eterogenitatea compoziţiei lor de fază şi prezenţa, pe lângă glauconitul şi montmorilonitul, şi formarea straturilor mixte, precum şi oxizii de fier (hemaţiţi, magneţiţi) sunt notaţi.

Cuvinte cheie: *glauconite, compoziţie minerală, analiză de fază Roentgen.*

Резюме

В статье приведены данные об особенностях минерального состава глауконитовых песков. Отмечается неоднородность их фазового состава и наличие помимо глауконита и монтмориллонита еще и смешаннослойных образований, а также оксидов железа (гематит, магнетит).

Ключевые слова: *глауконит, минеральный состав, рентгенофазовый анализ, термография.*

Введение

На территории Молдовы песчаноалевритовые отложения верхнего мела довольно широко распространены. Они обнажаются в бассейне р.Днестр на севере республики, а также прослеживаются в центральной части до широты г.Кишинева.

Изученные отложения характеризуются наличием в них глауконитовых, глауконитово – кварцевых и кварцево – глауконитовых песков. Минералогический состав этих песков довольно однороден. Они состоят, в основном, из глауконита и кварца с примесью кальцита и цеолитов [1].

Таблица

Химический состав глауконитовых песков характеризуется следующим образом [13]:

SiO_2	37,5- 44,5%
Al_2O_3	4,5 - 10,8%
CaO	9,49 -18,6%
MgO	2,3 - 4,97%
Fe_2O_3	8,9 -12.86%
TiO_2	0.1- 0.29%
Na_2O	0.3- 0.5%
K_2O	3.26 - 5.67%
P_2O_5	3.48 - 5.18%
F	0.5 - 0.79%
CO_2	2.99 0 - 9.68%

Общая закономерность для изученных глауконитовых песков заключается в обогащении их железом в форме Fe_2O_3 до 13% и K_2O до 6%. Наличие в них калия, фосфора и микроэлементов (до 0,3%) является стимулятором роста растений и может использоваться в качестве удобрений. Приведённые данные химического состава молдавских глауконитов коррелирует с параметрами других исследователей [4] для различных регионов Центрально-европейской части.

На территории среднего Приднестровья выделены перспективные участки в районе с.Наславча с прогнозными ресурсами глауконитовых песчанников 99 млн. куб. м [3].

Значительные скопления глауконита в осадочных породах Молдовы и его значение как полезного ископаемого обусловили актуальность настоящего исследования.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования в данной работе использованы железосодержащий алюмосиликат (глауконит) из залежи района с. Наславча на территории среднего Приднестровья.

При изучении вещественного состава глауконитовых песков был использован комплекс физических методов исследования (рентген, термография), направленных на выявление их кристалло-химических особенностей, недостаточно освещённых в работах других исследователей [1,3].

Рентгенографический качественный фазовый анализ выполнен методом порошка и ориентированных препаратов на дифрактометре ДРОН-2. Анализы проведены с использованием монохроматизированного Fe Kα– излучения в режиме шагового сканирования. Идентификация кристаллических фаз осуществлялась путём сопоставления экспериментальных значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей дифракционных рефлексов с эталонными значениями [5,6,7].

Термический анализ проводился на модифицированной установке Дериватограф Q-1500 с програмным обеспечением фирмы National Instruments (USA). Производилась автоматическая запись 4-х кривых: температурной (Т), термовесовой кривой (ТГ), дифферекциальной термовесовой кривой (ДТГ), дифферекциальной термоаналитической кривой (ДТА).

Результаты и обсуждения

Рентгенофазовый анализ

На Рис.1a,b,c,d приведены дифрактограммы исходного порошкообразного образца глауконитового песка (Рис.1a), исходных ориентированных (Рис.1b) препаратов (фракция < 0,001 мм), насыщенных глицерином (Рис.1c) и прокаленных до 600°C в течение 2 часов (Рис.1d).

На дифрактограмме воздушно-сухого порошкообразного образца (Рис.1a) отмечается широкий пик, соответствующий d_{001} = 1,5 нм, характерный для щелечно-земельного монтмориллонита, а также рефлекс при d_{001} = 1,07 нм, принадлежащий гидрослюде. В этой области отмечается широкий выположенный в сторону малых углов рефлекс в области 1,00 до 1,07 нм, который, вероятно, относится к смешаннослойным образованиям слюда-монтмориллонита [8].

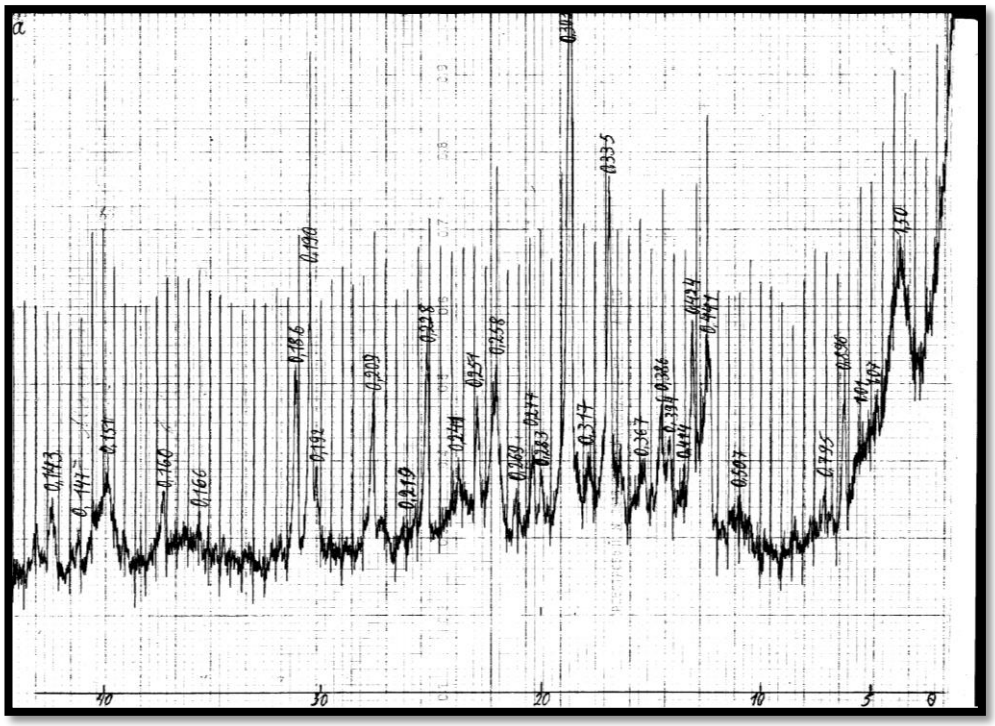


Рис. 1a. Дифрактограмма исходного порошкообразного образца глауконитового песка.

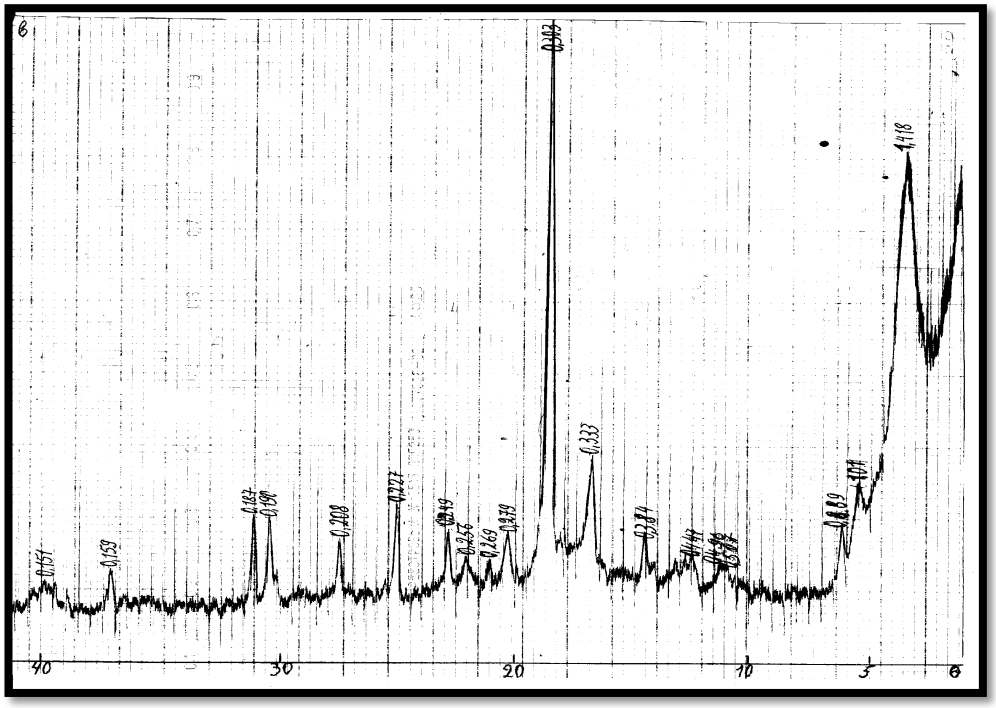


Рис.1b. Дифрактограмма исходного ориентированного препарата (фракция < 0,001 мм) глауконита.

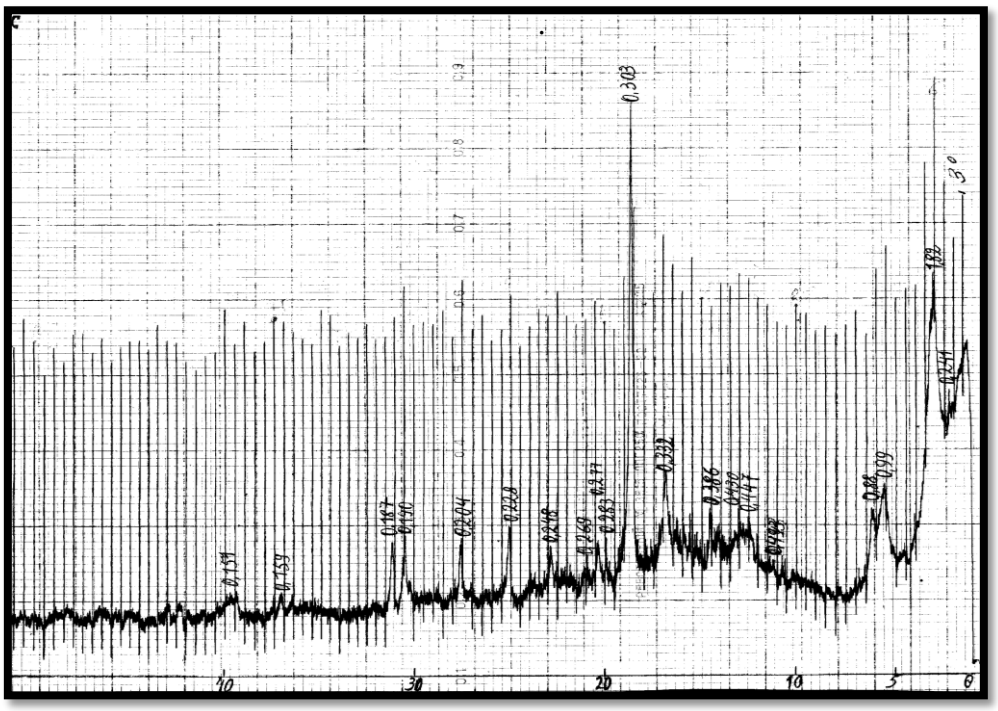


Рис. 1c. Дифрактограмма ориентированного препарата
(фр. < 0,001 мм) глауконита насыщенного глицерином.

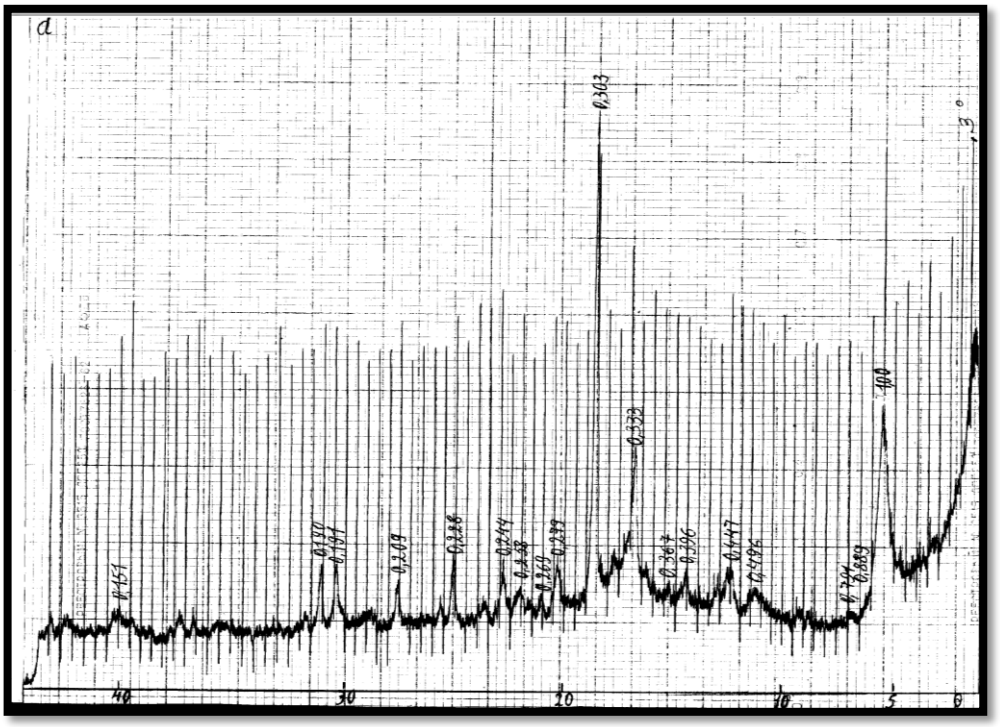


Рис. 1d. Дифрактограмма ориентированного препарата
(фр. < 0,001 мм) глауконита прокаленного при 600^{0}C в течении 2-х часов.

Следующим представителем группы гидрослюд, проявляющим себя на дифрактограмме порошкообразного образца, является глауконит, диагностируемый по отражениям: 0,367(5) – 0,335(7) – 0,258(10) – 0,241(5) – 0,160(5) – 0,151(10) нм (в скобках указаны интенсивности отражений).

Вышеприведённые данные главных линий глауконита на дифрактограмме порошкообразного препарата хорошо коллерирует с данными других авторов [5].

Из неглинистых минералов на дифрактограмме (Рис.1а) отчётливо проявляются рефлексы цеолитового минерала-клиноптилолита по отражениям 0,895 – 0,794 – 0,395 – 0,279 нм, кальцита – 0,303нм, кварца – 0,333 нм и окислов металлов: гематита – 0,367 - 0,269 – 0,251 – 0,219 нм и магнетита – 0,299 – 0,254 - 0,209 – 0,161 – 0,147 нм.

Данные дифрактометрического анализа пелитовых фракций (< 0,001 мм) рассматриваемых алюмосиликатов (Рис.1 b,c,d) свидетельствует об их полиминеральности. В ориентированных препаратах (фракция < 0,001 мм) интенсивность рефлексов 001 резко усиливается, в отличии от неориентированных (порошковых нефракционированных) препаратов глауконитосодержащих пород. При изучении полученных дифрактограмм (Рис. 1 b,c) обращает на себя внимание отличие значений и форм рефлексов воздушно-сухого и насыщенного глицерином ориентированных препаратов.

Так для воздушно-сухих ориентированных препаратов характерна яркая выраженность отражений в малоугловой области для минералов монтмориллонита – 1,418 нм и иллита (гидрослюды) – 1,01 нм. После насыщения препаратов глицерином на дифрактограмме появляется менее интенсивный и ассиметричный рефлекс со значением 1,82 нм, характерный для монтмориллонита и слабоконтрастное отражение смешанно-слойных образований смекта-иллит при 2,41 нм [8,9]. Рефлекс 001 иллита приобрёл большую интенсивность и диффузность. Значение его уменьшилось до 0,99 нм. Указанные выше отклонения в дифракционных конфигурациях слюды и монтмориллонита подтверждают наличие смешаннослойных образований, структуры которых представлены тонкодисперсными частицами толщиной порядка 100 нм [9,10]. Главные рефлексы глауконита для пелитовой фракции практически не изменились, по сравнению с порошковым образцом глауконитового песка. Анализ кривой (Рис.1 d) для ориентированного образца, нагретого до 600°C показал, что при нагревании монтмориллонитовые слои сжимаются до 1,0 нм. На дифрактограмме прокаленного образца заметно возрастает интенсивность указанного выше отражением глауконита 1,01нм, обусловленная, вероятно, наложением отражения - 1,0 монтмориллонита.

Термический анализ

Проведённый дифференциальный термический анализ образцов, показал наличие характерных для глауконита кривых (Рис. 2).

Первый эндотермический эффект на кривой ДТА в области 100-200°C характеризует удаление адсорбционной воды из образца глауконита. Далее на кривой ДТА прослеживается экзотермическое поднятие в области 300-350 ^{o}C, связанный с переходом Fe^{2+} в Fe^{3+}. Второй эндотермический эффект при 500-600°C обусловлен выделением гидроксильной воды (структурносвязанной воды) и

образованием оксидов. Третий эндотермический эффект с максимумом при 730°С принадлежит кальциту. Общая потеря массы при 1000°С составляет ~ 12%.

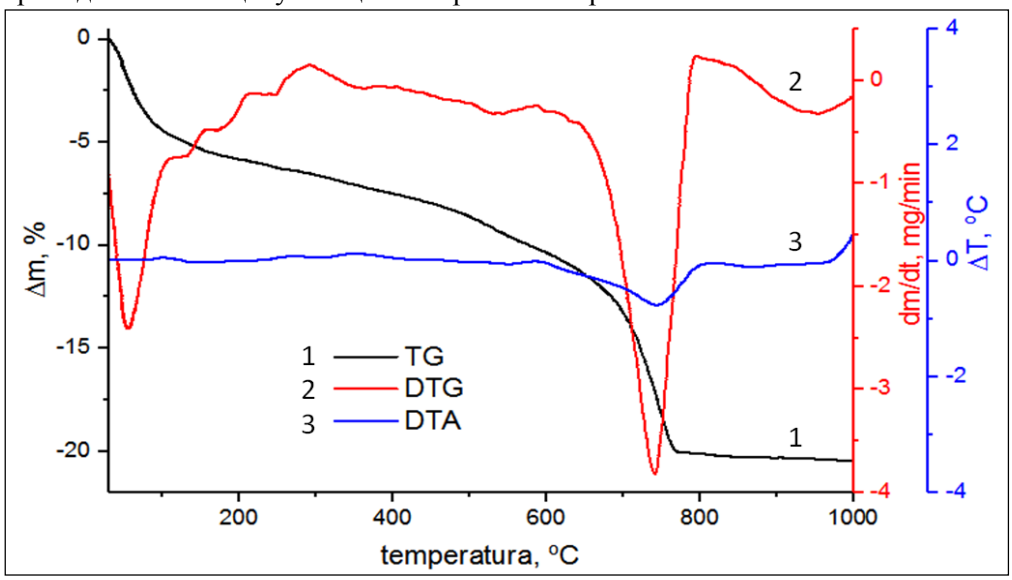


Рис. 2. Дериватограмма исходного порошкообразного образца глауконитового песка из верхнемеловых отложений Молдовы.

На кривой Т6 выделяются две ступени потери массы образца глауконитовых песков. В интервале от 90 до 150 °С удаляется адсорбированная вода, составляющая 4% массы образца. Кристаллизированная вода выделяется в области 300-600°С в количестве 3%. В интервале 650-780°С (макс. 790°С) выделяется CO_2 из примеси карбоната кальция. Потеря массы образца в этой области температур составляет 8%, что соответствует содержанию 18% кальцита.

Выделение остатков кристаллизационной воды наблюдается в интервале температур от 780 до 1000°С, которое сопровождается незначительной потерей массы образца глауконитового песка.

Широкий экзотермический пик в области 160-350°С с потерей веса порядка 1,2-1,5% говорит о наличии в образце органического вещества [13].

Заключение

Исследованные образцы глауконитовых песков верхнемеловых отложений Молдовы характеризуются неоднородностью фазового состава, на что указывает наличие в них помимо индивидуальных глинистых минералов монтмориллонита, также и смешаннослойных образований глауконит-монтмориллонитового типа. Из неглинистых минералов отмечается наличие кварца, карбоната кальция, клиноптилолита и оксидов железа (гематит, магнетит).

Особенности минерального состава изученных глауконитов, наличие в них разбухающих смешаннослойных образований, позволяют предположить и их способность к поглощению и удерживанию газообразных и жидких веществ в межслойном пространстве, обусловливая их сорбционную активность.

Литература

1. Авдеевский Ю.Ф. (отв. исп.). Литолого-геохимическая характеристика мезозойских отложений Днестровско-Прутского междуречья и западной части Причерноморской впадины. Отчёт. Кишинев, 1966. ГФИоН AGRM.
2. Дистанов У.Г. Глауколиты. В: Природные сорбенты СССР. – М, 1990, с. 132-146.
3. Попович В.Е. Прогнозная оценка территории Среднего Приднестровья Молдавской ССР на глаукониты и фосфориты. Отчёт. Кишинев, 1984.. ГФИоН AGRM.
4. Цыганкова Л.Е., Протасов А.С., Вигдорович В.И., Акулов А.П. Глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области – перспективный полуфункциональный сорбент. В: Вестник ТГУ, т.17, вып.2, 2012.
5. Костов И. Минералогия. Науки о земле. Москва: Из-во Мир, 1971, т.40, 584 с.
6. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Под редакцией Г. Брауна. Москва: Изд. Мир, 1965, 560 с.
7. Махеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М: Гос. Научно-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1957, 870 с.
8. Дриц В.А. Проблемы определения реальной структуры глауконитов и родственных тонкодисперсных силикатов. М: Химия, 1993, 146 с.
9. Жабин А.В. Минеральный состав глауконитовых сферолитов в верхнемеловых отложениях воронежской антиклизы. В: Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. 2000. В.5(10), с. 58-63.
10. Дриц В.А., Сахаров Б.А. Рентгеноструктурный анализ смешаннослойных минералов. М., 1976. 256 с.
11. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М: Недра, 1956, 558 с.
12. Вигдорович В.И., Филатова Е.Ю., Цыганкова Л.Е. и др. Некоторые кристаллохимические параметры глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области. В: Вестник ТГУ, т.17, в.2, 2012, с. 731-734.
13. Афанасьева Н.И., Зорина С.О., Губайдуллина А.М. и др. Кристаллохимия и генезис глауконита из разреза «Меловатка» (Сеноман, юго-восток русской плиты). В: Литосфера, 2013. №2 с. 65-75.

Primit la redacţie – 12/10/2017

УДК 541. 18

Maftuleac A.[1], Spătaru P.[1], Bolotin O.

Spectroscopia infraroşie şi analiza Roentgen în studierea cernoziomului din Repulica Moldova

Abstract

The mineralogical composition of chernozem from the Republic of Moldova was studied using infrared spectroscopy and X-ray analysis. In result there have been determined such minerals as illite, chlorite, montmorillonite, quartz and feldspar.

Keywords: *infrared spectroscopy, rhoentgen phase analysis.*

Rezumat

A fost studiată compoziţie mineralogică şi unor caracteristici specifice cernoziomului din Republica Moldova, utilizând ca metode de cercetare spectroscopia infraroşie şi analiza fazei cu raze X (Roentgen).A fost determinată prezenţa în proba de sol de cernoziom a unor astfel de minerale ca ilit, clorit, montmorilonit, cuarţ şi feldspat.

Cuvinte cheie: *spectroscopia infraroşie, analiză de fază Roentgen.*

Резюме

Исследован минералогический состав чернозема Республики Молдова, используя инфракрасную спектроскопию и рентгенофазовый анализ. Были определены такие минералы как иллит, хлорит, монтмориллонит, полевой шпат.

Ключевые слова: *инфракрасная спектроскопия, рентгенофазовый анализ.*

Întroducere

În Republica Moldova există o varietate foarte mare de soluri – 745 de varietăţi. Cernoziomul, însă, este cel mai răspândit şi caracteristic tip de sol, lui îi revin 75% din teritoriul ţării, doar 10% revin solurilor de pădure brune şi cenuşii, 7% acătuiesc pajiştele de luncă, restul (circa 8%) este ocupat de localităţi, bazine acvatice şi alte obiecte [1]. Un astfel de sol este rezultatul unor procese complexe geologice, mineralogice, fizico-chimice şi biologice de lungă durată care s-au petrecut în epoci demult trecute şi mai continuă să se desfăşoare şi în zilele noastre. Arena în care au loc procesele respective se află la intersecţia, sau locul de întâlnire a litosferei, hidrosferei şi atmosferei. Fiecare din aceste „ sfere ” au factori proprii cu rolul său în derularea grandiosului proces de schimbare a suprafeţei şi aspectului planetei noastre [2, 3]. Există şi alte planete în Sistemul Solar, care, conform unor criterii, se aseamănă cu Pământul nostru, dar deja este demonstrat, că astfel de sol ca aici, pe Pământ, nicăiuri nu mai există. Solul aici este ceva unical [4] şi din aceasta rezultă complexitatea solului ca obiect de studiu ştiinţific. Ştiinţa, care oficial se ocupă cu studierea solului este *pedologia*, dar cu probleme ce se referă la sol se mai ocupă şi specialişti din alte domenii: ecologiştii, biologii, agrochimiştii şi alţii [5]. În centrul unei atenţii ştiinţifice deosebite se află cernoziomul [6]. Aceasta se datorează

[1] Institutul de Chimie al AŞM

faptului, că acest fel de sol este foarte fertil, are o valoare economică incontestabilă şi puţine ţări în lume au în posesie aşa patrimoniu. Cu regret însă, atitudinea negospodărească a unor agricultori contemporani are ca urmare degradarea cernoziomului, ceea ce constitue o problemă serioasă şi greu de rezolvat [7, 8], restabilirea solului epuizat necesită efort şi durează mulţi ani. Studierea fenomenului erodării şi degradării solului prezintă un mare şi important interes teoretic-ştiinţific şi practic. În procesul de studiere a cernoziomului sunt utilzate diferite metode de cercetare tradiţionale pentru ştiinţa despre soluri, iar în ultimul timp au început a fi utilizate şi metode moderne cu aparate complexe, ce au ridicat cu mult nivelul ştiinţific teoretic şi cel aplicativ al acestor cercetări. Scopul lucrării prezente a fost determinarea compoziţiei mineralogice şi unor caracteristici specifice cernoziomului din Republica Moldova, utilizând ca metode de cercetare spectroscopia infraroşie şi analiza fazei cu raze X (Roentgen).

Partea experimentală

Spectroscopia infraroșie

Spectroscopia infraroşie este parte componentă a spectroscopiei optice, incluzând cercetarea, obţinerea şi utilizarea spectrelor de emisie, absorbţie şi reflecţie în regiunea infraroşie a spectrului. Cercetările efectuate de noi se referă la intervalul lungimelor de undă 2.5 – 25 mkm, sau a numerelor de undă de la 4000 până la 400 cm^{-1}. Metoda de cercetare a spectroscopiei infraroşii (IR) este o metodă fizico-chimică ce permite a cunoaşte particularităţile structurale ale substanţelor, ca urmare a înregistrării radiaţiei IR, absorbite de către grupe de atomi din moleculele obiectului studiat. Absorbţia radiaţiei cauzează excitare şi oscilaţii în molecule, şi aceasta se petrece numai în aşa mod, încât frecvenţa oscilaţiilor în molecule coincide cu frecvenţa cuantelor de energie absorbită. Cu alte cuvinte, cunoscând frecvenţa cuantelor energiei absorbite, putem avea informaţia necesară referitor la natura şi starea grupelor de atomi şi a legăturilor chimice dintre aceşti atomi în moleculă. Proba de sol – cernoziom tipic a fost colectată din câmp (localitatea Vatra), orizontul superior 5-15 cm, fiind mai întâi înlăturat stratul de la suprafaţă, care conţine rămăşiţi de plante şi alte impurităţi. După uscare la aer liber, temperatura 20 °C, proba de sol s-a separat de mici includeri străine, s-a mărunţit şi s-a cernut. Fracţia obţinută a fost îmbibată cu ulei de vazelină, amestecul fiind omogenizat până la consistenţa unei paste uşor de întins pe plăcuţa suportului pentru fixarea probelor. Apoi, proba de sol a fost supusă iradierii cu un fascicul infraroşu, înregistrându-se absorbţia radiaţiei IR. Spectrul obţinut la aparatul „Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR” este prezentat în fig. 1.

Din figură, în regiunea 4000-3700 cm^{-1} a spectrului se observă o bandă lată de intensitate foarte mică, cu maxim de absorbţie la 3855 cm^{-1} şi o altă bandă îngustă, cu intensitate medie, la 3960 cm^{-1}, ambele benzi pot fi atribuite oscilaţiilor de valenţă a legăturilor *O-H* (alcoolice, şi fenolice) din moleculele substanţelor humice şi/sau apei adsorbite de proba de sol. Benzile cu maxime la 3620 şi 3380 cm^{-1} sunt caracteristice pentru oscilaţiile de valenţă ale legăturii *O-H* din grupele *M-OH*, *Al-Al-OH* din structura mineralelor (montmorilonit şi altele), aflate în componenţa solului [9-12], dar tot în această regiune (3340 cm^{-1}) pot fi detectate şi grupele *OH* din structura acizilor humici, humaţi [13-15], care deasemenea se află în proba de cernoziom. Regiunea spectrului 3000-2100, 1500-1200 cm^{-1} şi banda de la 724 cm^{-1} nu se referă la probă, deoarece aparţin uleiului de vazelină. Benzile, aflate în intervalul numerelor de undă 2100-1700 cm^{-1} cu maxime la 2003, 1875 şi 1791 cm^{-1}, aparţin, probabil, legăturilor *C=C* şi *C=O* din componenţa humaţilor din sol, iar banda de la 1632 cm^{-1} este una caracteristică pentru oscilaţiile de

deformare ale grupelor *OH* în moleculele libere de apă şi serveşte ca indiciu de existenţă a acestor molecule adsorbite în minerale [9], acizi humici şi humaţi. Tot aici pot fi şi oscilaţiile de valenţă ale grupelor amide *(-NH_2 -)*, fapt ce poate fi susţinut de lăţimea benzii respective. Banda foarte lată şi foarte intensivă în intervalul 1300-900 cm^{-1} prezintă o suprapunere a diferitor oscilaţii de valenţă ale grupelor *Si-O*, *Si-O-Si* în silicaţi stratificaţi şi cu structură expandabilă (argile) din sol. Conturul acestei benzi, aflate în regiunea 900 cm^{-1} poate aparţine şi unei benzi intensive a acizilor humici cu maximă absorbţie la 1033 cm^{-1}, dar acoperită în întregime de banda silicaţilor. Benzile intensive, cu maxime 796, 778, până la 600 cm^{-1} pot aparţine diferitor oscilaţii neplanare de deformare *δ (C-H)* ale inelelor aromatice având doi sau mai mulţi atomi de hidrogen nesubstituiţi [14], tot aici pot fi şi unele oscilaţii de valenţă şi de deformare ale grupelor *Si-O-Al*, *Fe-OH*, *Al-O* [11]. Benzile înguste, intensive, cu maxime de absorbţie la 519 şi 471 cm^{-1} pot fi atribuite oscilaţiilor de deformare ale grupelor *Si-O-Si* şi *Si-O-Al* [10], respectiv, la fel conţinute în montmorilonitul din sol.

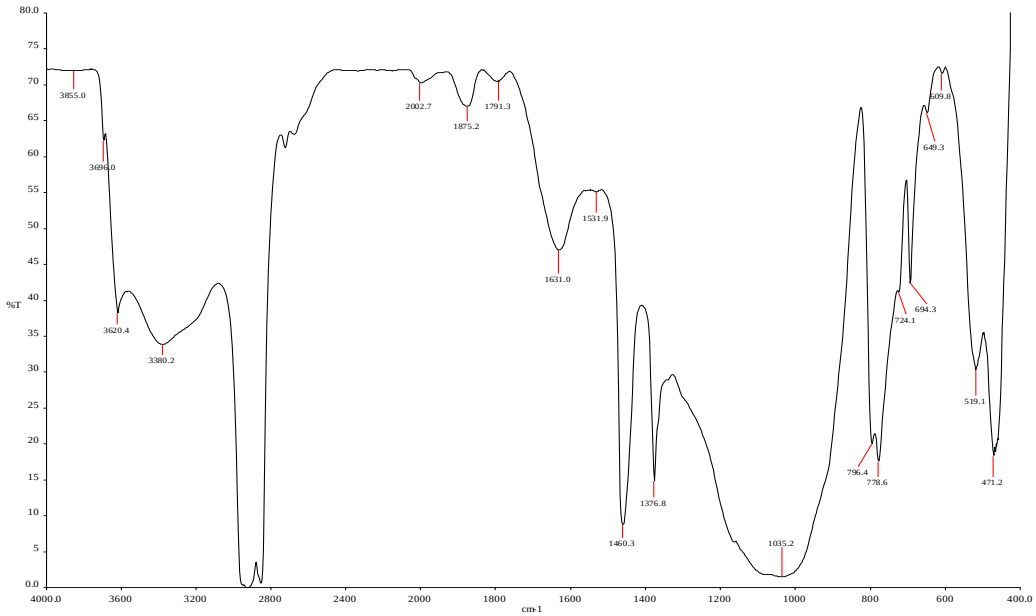


Fig. 1. Spectrul infraroşu al probei de sol (cernoziom tipic).

Analiza fazei cu raze X (Roentgen)

Spectroscopia IR este o metodă performantă în cercetări ştiinţifice, dar şi ea are limitele de utilizare, de exemplu, în cazul substanţelor-omologi, sau substanţelor cu aceleaşi grupări funcţionale. Dacă substanţele cercetate au structură cristalină, atunci ele pot fi studiate cu metoda analizei Roentgen, sau difracţiei razelor X. Există două variante de utilizare a acestei metode: de studiere a structurii monocristalului şi cea de determinare a fazelor cristaline. Faza cristalină prezintă starea de echilibru spaţial-omogenă a substanţei, caracterizată prin anumită compoziţie a elementelor şi structură stabilă. La baza metodei analizei Roentgen stau următoarele principii [16,17]: - tabloul difracţiei este o caracteristică individuală a substanţei cristaline; - fiecare fază cristalină are totdeauna acelaşi spectru cu un set de distanţe interplanare $d_{(hkl)}$ şi linii cu intensitatea $I_{(hkl)}$, proprii numai acestei faze; - spectrul de difracţie al unui

amestec de faze individuale prezintă cantitativă a fazelor cristaline, componente individuale din amestecul lor. În studii ştiinţifice cel mai superpoziţia spectrelor lor; - din spectrul de difracţie al amestecului se poate evalua relaţia des este utilizată metoda Roentgen pentru pulbere, fapt explicat prin faptul, că în majoritatea cazurilor avem de a face cu obiecte policristaline şi numai în aşa stare ele pot fi studiate. În cazul nostru a fost utilizată varianta de determinare a fazelor cristaline în sistemul dispers – sol, cernoziom tipic. Proba în formă de pulbere a fost amplasată într-un vas-cuvetă, care, într-o mişcare de rotaţie, schimbă valoarea unghiului de incidenţă a fascicului razelor X, astfel detectându-se mărimea difracţiei în eşantion. După valoarea unghiului 2Θ (doi "tăta"), sau valorii corespunzătoare în nm a reflexelor feţelor cristalului, se poate determina natura fazei cristaline, deci, componenţa mineralogică a probei. În fig. 2 este prezentat aspectul difractogramei aceleeaşi probe, care a fost studiată (fig. 1) cu metoda spectroscopiei IR. Difractograma a fost obţinută la difractometrul „ Dron UM-1", radiaţie - FeK_{α}. Din difractogramă (fig. 2) se poate observa, că în proba examinată este prezentă o masă stratificată, mixtă, caracterizată prin reflexele unor aşa minerale ca ilit (1.01; 0.50; 0.257 nm), clorit (1.420; 0.709; 0.350; 0.288 nm), *Ca*-montmorilonit (1.590 nm), cuarţ (0.426; 0.333; 0.245; 0.182 nm), posibil, şi feldspat (0.368; 0.317 nm). Aceleaşi valori, sau apropiate de acestea sunt indicate în [12, 13, 18]. Natura mineralelor aflate în eşantionul de sol a fost determinată consultând tabelele speciale [19, 20].

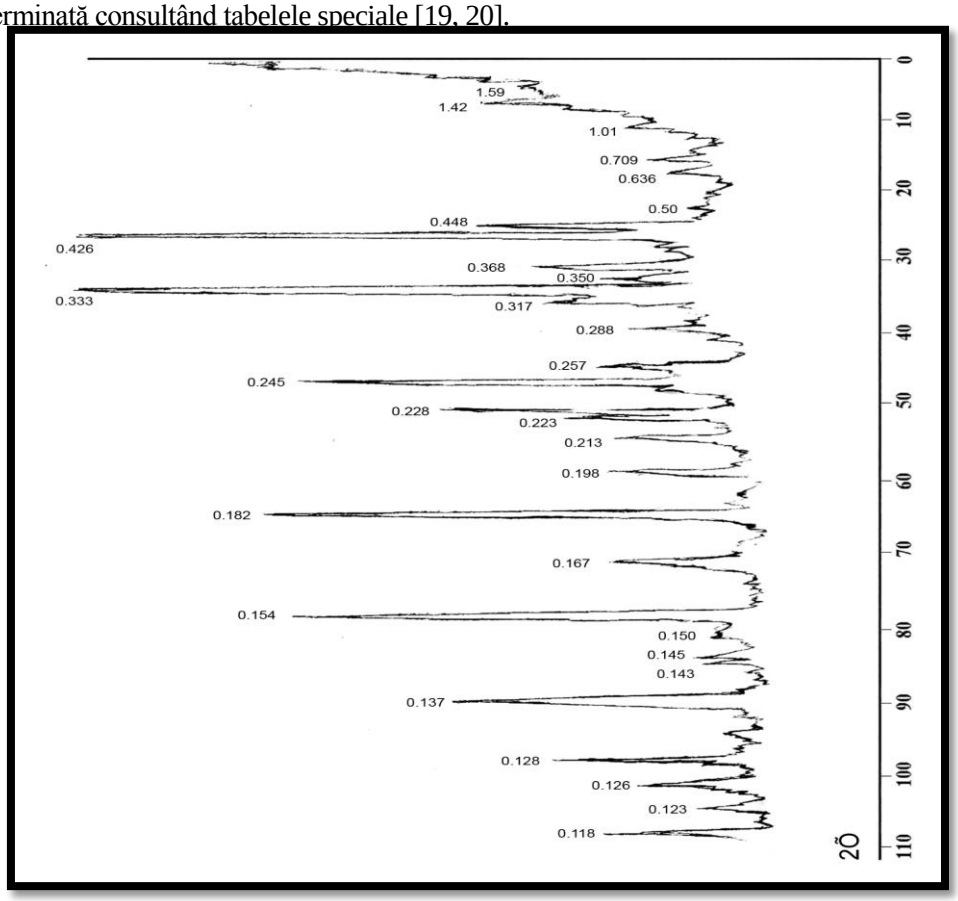


Fig. 2. Difractograma probei de sol (cernoziom tipic).

Concluzii

Din spectrul infraroşu al eşantionului de sol – cernoziom tipic se obsevă benzi de absorbţie specifice oscilaţiilor de valenţă şi de deformare ale diferitor grupe de atomi ai mineralelor din clasele silicaţilor şi alumosilicaţilor, ceea ce indică prezenta acestora în sol. Partea organică a probei de cernoziom prezintă substanţe humice – acizi humici şi humaţi, fapt confirmat de prezenţa în spectrul cernoziomului a unor benzi de absorbţie, întâlnite şi în spectrul substanţelor humice.

Analiza fazei cu raze X (Roentgen) confirmă prezenţa în proba de sol de cernoziom a unor astfel de minerale ca ilit, clorit, montmorilonit, cuarţ şi feldspat.

Metodele de cercetare fizico-chimice pot fi utilizate cu succes la studierea compoziţiei solului şi rezolvarea altor probleme de interes pentru pedologi, precum şi specialişti din domenii adiacente ştiinţei despre soluri.

Bibliografie

1. Почвы Молдовы (mapexpert.com.ua/index_ru.php?idif=m_p_48table=new_post#).
2. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. М.: Высшая школа, 1981, 400 с.
3. Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. (Сборник материал. V Международ. Конф. 85 летие кафедры почвовед…ТГУ). Томск: Изд. Дом ТГУ, 498 с.
4. Жарикова Е.А. Экология почв в вопросах и ответах. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005, 150 с. (www.biosoil.ru/Files/00000397.pdf).
5. Мирецкая Н.М. Почвоведение как наука (курс лекций). (portal.tpu.ru/7777/SHARED/n/NMM/uchrab/Tab/Soil1.pdf).
6. Ursu A. Solurile Moldovei. Chişinău: Ştiinţa, 2011, 324 p.
7. Деградация почв – угроза глобального экологического кризиса. https://www.socionauki.ru/journal/articles/129855/.
8. Верхошенцева Ю.П., Хардикова С.В. Влияние плоскостной эрозии на химические свойства чернозема южного оренбургского предуралья. В: Вестник ОГУ, 2013, № 10(159), с. 237-240. (vestnik.osu.ru/2013_10/64.pdf)
9. Тарасевич Ю.И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов. Киев: Наукова думка, 1988, 248 с.
10. Ракитская Т.Л., Киосе Т.А., Джига А.М., Топоров С.В. ИК- спектральное исследование структуры и фазового состава бентонитов Украины. В: Вістник ОНУ, Химія, 2012, Т.17, вып.1(41), с. 13-18. (https: google.com/search?q=Инфракрасные+спектры+монтмориллонита&oq=…)
11. Четверикова А.Г., Маряхина В.С. Исследование минеральной глины, содержащей трехслойные алюмосиликаты физическими методами. В: Вестник Оренбург. госуниверситета, 2015, № 1 (176), с. 250-255. (vestnic.osu.ru/2015_1/43.pdf)
12. Болотин О., Мафтуляк А., Романов Л., Лупашку Ф. Исследование минералогического состава и возможности практического применения глинистых пород Центральной части Молдовы. В: Bul. Inst. Geologie şi Seismologie al A.Ş.M., 2007, Nr. 1, p. 97-104. (https://ibn. idsi.md/sites/default/imag_file/ Issledovanie%20mineralogicheskova%20sostava%2097_104.pdf).

13. Шинкарев А.А. Структурная и фазовая неоднородность органо-смектитов в природных объектах. Автореф. …канд. геол.-минерал. наук, Москва, 2011, 24 с.
14. Гостинцева М.В., Белоусов М.В., Юсубов М.С. и др. Сравнительные ИК-спектральные характеристики гуминовых кислот торфов Томской области различного генезиса. В: Химико-фармацевтический журнал, 2009, Т. 49, № 7, с. 44-47. (www.chem.folium.ru/index.php/chem/article/view/358/358).
15. Лиштван И.И., Капуцкий Ф.Н., Якута Ю.Г. и др. Гуминовые кислоты. Спектральный анализ и структура фракций. В: Вестник БГУ, 2012, серия 2, № 1, с. 18-23. (elib.bsu.by/bitstream/123456789/36103/1/18-23.pdf).
16. Кузнецова Г.А. Качественный рентгенофазный анализ. Методические указания. Иркутск, 2005. (www.pd.isu.ru/obch/method/roentgen/01_kachestven_rentgenophazn_analys.pdf).
17. Васильев Е.К., Нахмансон М.М. Качественный рентгенофазный анализ. Новосибирск: Наука, 1986.
18. Трофимов С.Я., Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Минеральные компоненты почв. М: 2007, 109 с. (soil.msu.ru/attachments/article/1366/Минеральные%20компоненты.pdf.).
19. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. Т. 1, 2. М.: Недра, 1966.
20. Рентгенография основных породообразующих минералов. (под ред. В.А. Франк-Каменецкого). Ленинград: Недра, 1983, 360 с.

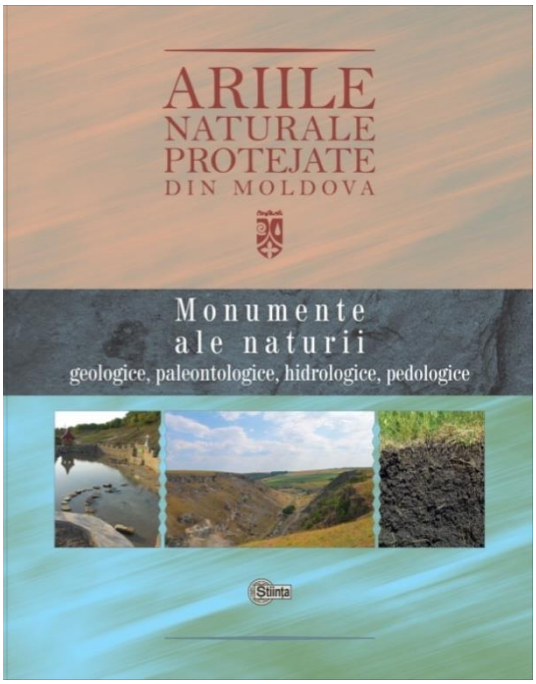
Primit la redacţie – 31/10/2017

Critica şi discuţii

Codrea Vlad Aurelian[1]

Review on "NATURAL PROTECTED AREAS OF MOLDAVIA. GEOLOGICAL, PALEONTOLOGICAL, HYDROLOGICAL, PEDOLOGICAL MONUMENTS OF NATURE, vol. I, 176 pp., Academia de Ştiinţe a Moldovei, Institutul de Ecologie şi Geografie, Institutul de Zoologie, Institutul de Geologie şi Seismologie, ISBN 978-9975-85-058-2, Ed. Ştiinţa, Chişinău, 2016.
Authors: David A., Pascari V., Nicoara I., Begu A., Sandu M., Ursu A., Postolache Gh.

Mainly in the last decades, each country and sometimes even each region of some countries focused a special interest on the natural heritage. It was and it still remains a priority to outline protected sites including the most illustrative natural heritages. In this respect, the volume herein presented is focused on three kinds of monuments of nature, i.e. geology-paleontology, hydrology and pedology. The extensions of these topics in this volume are uneven, depending on the number of the extant or only proposed protected areas, expressing the stage of knowledge and investigation of each subject. Therefore, the volume signifies a peculiar approach to the non-biotic realm. Aspects related to life, will be subjects of the following volumes.



The main section of the volume concerns geology and paleontology, referring to 68 sites. The Republic of Moldova is rather a flat country devoid of mountains and heights, due to its peculiar geological structure. Although it exclusively belongs to the platform realm, the erosion put to light very old rocks documenting the Archaean-Precambrian shield (in localities as Cerlina, Otaci, Cosăuţi, Naslavcea – Karpov Iar etc.), followed by various Phanerozoic ones (e.g. Mesozoic at Stânca-Japca, Pererâta, Naslavcea-Lencăuţi, Soroca and numerous sites Miocene-Pleistocene). Deep creeks and gorges (like Orhei, Văratic, Buteşti etc.) incised by water streams into the rocks of the basement bring to light illustrative exposures as the ones located along Nistru River and Prut left tributaries. This

[1] Babeş-Bolyai University Cluj-Napoca, Romania, Department of Geology

context allowed numerous geological, geomorphological and paleontological studies, some of them well known worldwide.

Among the caves reported "Emil Racoviţă" nearby Criva is perhaps the most interesting one, if we are thinking about its estimated length exceeding hundred km and the host rock, the Middle Miocene (Badenian) gypsum. The cave bears rich speleothemes, and the rich fauna of invertebrate and vertebrate fossils from its rocks increase the interest for studies. One should mention that this cave is among the longest such ones of Europe. We deal with an outstanding cave, in a very specific rock, and its status as natural monument is really justified.

Less initiated readers in geology-paleontology could raise the question: why the paleontological reserves of the country are so numerous? But the answer in basically simple, it reflects a long tradition in such research that can be followed over several generations, mainly of vertebrate paleontologists. The high number of these protected sites specified in this book illustrates nothing but their scientific works. One can keep in mind mainly the Miocene, Pliocene and Quaternary localities. The older ones are by far rarer and lesser studied. For Miocene, the protected areas from Pocşeşti, Calfa, Cimişlia, Taraclia, Gura Galbenei-Coţofana, Ciobruciu etc. are just marker localities bearing a richness of vertebrate remains, already famous due to the results of studies issued in the various geological references. Some of them are even type-localities for this part of Europe. Based on the fossils unearthed in these outcrops, fair reconstructions of the ancient environments were done, and important stratigraphic data were acquired.

For Miocene too, specific value is given by the reef walls that occur in a lot of localities as Buzdugeni, Burlăneşti, Trinca, Brânzeni, Feteşti, Movilele, Japca (Badenian-Early Sarmatian). These biogenic constructions are fascinating the paleontologists since over a century ago, due to the fossils preserved in this very specific limestone (among others, dolphin and seal remains). These reefs have a peculiar influence in the landscape, due to erosion: the contrast between the rocks of the reef walls and the surrounding rocks let the limestone as forming distinct and sharp outlined heights. They give a touch of charm to the local landscape, making these sites attractive to non-professional visitors too. The touristic potential should be taken into consideration in future because apart the scientific value, on this way the local communities settling around could touch pretty high income.

Last, but not least, this kind of limestone bears few caves. They do not excel neither in length, nor in a very specific kind of host rock (as in Criva), but their sedimentary filling yielded rich Paleolithic and Neolithic artifacts, documenting settlements. It is of high archaeological value and interest. Apart artifacts, one can take into consideration the rich inventory of teeth and bones of Pleistocene and Holocene mammals, mainly large herbivores as mammoth, wooly rhinoceros, giant deer, or various carnivores as the extinct cave hyena or cave bear. At least a part of these communities were probably hunters, and the small caves were temporary hunting habitations.

A peculiar attention is dedicated to some localities well known in this region for the well preserved and numerous fossils, as: Naslavcea ('Carpov Iar' Creek) where rich plans, fish, insects etc. are documenting the Early Sarmatian (Middle Miocene; it is a pity that the fossil taxa are not named at all), Mereuşca ('Partea Cneazului' Creek) where an ichthyosaur skeleton was found (it would be great if richer data about this discovery could be find in text), or Pripiceni-Răzeşi where a large sized a deinothere skeleton was unearthed, assigned to

Deinotherium proavum (= *D. gigantissimum*), the same species once discovered by Eichwald in Podolia or by Ştefănescu at Mănzaţi (Vaslui, eastern Romania).

The protected areas are presented following their regional distribution, based on geomorphologic criterions. In my opinion, the geomorphological localities should be presented as a distinct section, while for the paleontological localities a presentation based on stratigraphy, from oldest rocks to the youngest ones, would be by far more convenient. In this manner, the reader could follow a more logical thematic line, being able to distinguish easier the trends of the life evolution. The references are uneven presented: for some localities a richer bibliography is mentioned, while for others is scarcer or is completely missing.

The next section referring to hydrology refers to 28 localities. They concern springs yielding water either from river terraces or from deeper strata. As logical, if we are thinking about the geology of a country devoid of anomalous geothermal areas, all these springs are debiting exclusively cold water. The mineral water is also rare (one can keep in mind only a couple of springs in this category), the vast majority referring to oligomineral waters appropriate for drinking. The problem of the drinking water will be more and more challenging in future and the careful protection of these resources is not only important, but a vital, strategic task for every country in the years to come.

The last section of the protected areas presented in this volume concern pedology. Different types of soils are reported from 13 localities - 5 of these ones being herein as new proposals of protected areas, while 8 have already protected status. This heritage is important, as long as the soils of Republic of Moldova (besides the ones from Romania) are already included in the European synthesis (e.g. Soil Atlas of Europe, 2005, European Commission-European Soils Bureau Network, 128 pp.).

The volume herein presented is a fair approach on various aspects concerning the Earth Sciences in the Republic of Moldova. The various landscapes of the country had peculiar evolutions, controlled basically by geology. The protected areas are hiding oftenly a valuable paleontological and/or archeological heritage, with specific features in this part of Europe. The reader can find in these pages a valuable, true guide useful for his own attempt in refining his knowledge on geology, paleontology, hydrology and pedology. He will find also the basic references for each locality (it would be fine if the bibliography would be not selective, but complete!). Therefore, I recommend this book to researchers, teachers, students (geologists, geographers, biologists, ecologists) and to all large public interested in Earth and natural sciences – I think that for all, this book is a ‘must have’. Moreover, I suggest to authors in the years to come to translate this book in English, to make it available to the large worldwide scientific community.