

УДК 551.217(477.54)

Володимир Георгійович Космачов,

к. г-м. н., доцент, кафедра геології, факультет ГГРТ,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна,
e-mail: kosmachov@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3365-5524>;

Марія Володимирівна Космачова,

к. геогр. н., доцент, кафедра геології, факультет ГГРТ,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
e-mail: kosmachovamv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5642-8709>

ЧЕТВЕРТИННИЙ ВУЛКАНІЧНИЙ ПОПІЛ ХАРКІВЩИНИ

В статті розглянуто поклади вулканічного попелу і розсіяне вулканічне скло в бузькому кліматоліті товщі неоплейстоценових лесоподібних суглинків Харківщини. В межах області поклади майже чистого вулканічного попелу відомі поблизу смт Краснокутськ, сіл Руські Тишки, Новоселівка Нововодолазького району, Левківка Ізюмського району, у м. Харків, а прояви вулканічного скла як домішки у суглинках поширені там, де відслонений бузький кліматоліт. Охарактеризовано їх геологічну будову, морфологію та гранулометрію часток вулканічного скла. Показана відповідність його хімічного складу трахітам. Розглянуто результати оптичного, електронномікроскопічного, рентгенівського, ІЧ-спектроскопічного вивчення. Зроблено висновок про його подібність до четвертинного попелу, відомого в інших місцезнаходженнях в межах попільного шлейфу виверження супервулкана Флегрейські поля поблизу Неполя, яке сталося близько 39,3 тисяч років тому, тобто з'ясовано походження вулканічного попелу регіону. Відмічається можливість використання лесоподібних суглинків з домішкою вулканічного скла як маркуючого горизонту при вивченні неоплейстоценову регіону і як часовий репер при археологічних дослідженнях палеоліту. Попіл розглянуто в якості важливого компонента геосайтів Харківщини. Підкреслюється необхідність їх охорони та доцільність використання у науковому туризмі і краєзнавстві. При цьому найкращим - найбільш інформативним в науково-освітньому плані є відслонення покладу вулканічного попелу поблизу с. Руські Тишки, якому треба невідкладно надати офіційний статус геосайта.

Ключові слова: вулканічне скло, поклади вулканічного попелу, петрографія вулканічного скла, геосайти.

В. Г. Космачев, М. В. Космачева. ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ ХАРЬКОВЩИНЫ. В статье рассмотрены залежи вулканического пепла и рассеянное вулканическое стекло в бугском климатолите толщи неоплейстоценовых лессовидных суглинков Харьковщины. В пределах области залежи почти чистого вулканического пепла известны вблизи пгт Краснокутск, сел Русские Тишки, Новоселовка Нововодолажского района, Левковка Изюмского района, в г. Харьков, а проявления вулканического стекла как примеси в суглинках приурочены к обнажениям бугского климатолита. Охарактеризовано их геологическое строение, морфология частиц вулканического стекла и гранулометрия пеплов. Показано соответствие химического состава вулканического стекла трахитам. Приведены результаты оптического, электронномикроскопического, рентгеновского, ИК-спектроскопического изучения. Сделан вывод о его сходстве с четвертичным пеплом, известным в других местонахождениях в пределах пеплового шлейфа извержения супервулкана Флегрейские поля близ Неполя, которое произошло около 39,3 тысяч лет тому назад, то-есть выяснено происхождение вулканического пепла региона. Отмечается возможность использования лессовидных суглинков с примесью вулканического стекла в качестве маркирующего горизонта при изучении неоплейстоцена региона и как временной репер при археологических исследованиях палеолита. Пепел является важным компонентом геосайтов Харьковщины. Подчеркивается необходимость их охраны и целесообразность использования в научном туризме и краеведении. При этом наиболее информативным в научно-образовательном плане является обнажение залежи вулканического пепла близ с. Русские Тишки, котрому необходимо безотлагательно придать официальный статус геосайта.

Ключевые слова: вулканическое стекло, вулканический пепел, залежи вулканического пепла, петрография вулканического стекла, геосайты.

Вступ. На Харківщині є поклади майже чистого вулканічного попелу, а також поширені лесоподібні суглинки з домішкою вулканічного скла. Вони належать верхній ланці неоплейстоцену, а саме бузькому кліматоліту [5, 6, 14] (в різних стратиграфічних схемах - ще горизонту, стадіалу). Бузькі лесоподібні суглинки формувалися в ході останнього - вюрмського (на Східно-Європейській платформі - валдайського) зледеніння, яке в нашій місцевості супроводжувалося розвитком багатолітньої мерзлоти [15]. Попільні поклади знаходяться приблизно в середній частині кліматоліту, а розсіяне вулканічне скло - ще і у верхній його частині. Домішка вулканічного скла у суглинках встановлюється у кількості перших процентів. Ці суглинки дуже поширені в регіоні.

Потужність бузького кліматоліту на Харківщині становить 2,5-3,5 м, середня - 2,85 м [15].

Приводом для розглядання проявів четвертинного вулканічного попелу регіону з'явилося опубліковане помилкове твердження про те, що в ньому є лише одне - Левківське - його місцезнаходження [2, с. 259], хоча матеріали про вулканічний попіл нашої місцевості неодноразово публікувалися, починаючи з 1959 р., а об'єкт біля с. Руські Тишки навіть розглядався у довіднику про геологічні пам'ятки України [12].

Звертання до цього питання є доцільним також в силу того, що такі прояви мають велике науково-пізнавальне значення, завдяки чому являються цінними компонентами геосайтів [8]. Інтерес до них на Харківщині ще пояснюється її

великою віддаленістю від центрів вивержень і, таким чином, екзотичним характером цих об'єктів.

Актуальність. За останні роки здобута нова інформація про вулканічний попіл в нашому регіоні, яка дозволяє по-новому розглядати і вирішувати питання його походження.

Аналіз попередніх робіт. Історія виявлення четвертинного вулканічного попелу в розташованих неподалік Харківщини регіонах до 1957 р. розглянута в публікації [4]. В цій і в інших статтях [9-11, 17, 18] велика увага приділялася опису форми і розмірів частинок вулканічного скла, його оптичним характеристикам, будові покладів попелу, умовам їх залягання і розташування в товщі четвертинних відкладів, а також з'ясуванню віку і джерел попелу. В деяких з них міститься інформація про хімічний склад вулканічного скла.

Першою публікацією, присвяченою попелу нашої області (Краснокутське місцезнаходження), була стаття [16]. Потім з'явилися відомості про попіл, знайдений у Харкові поблизу Малого Журавлівського узвозу [14]. В подальшому проводилися більш систематичні дослідження [5, 6]. Особливо відзначимо досягнення І. М. Ремізова, який, зокрема, виявив найкращий в регіоні поклад поблизу с. Руські Тишки. У вказаних статтях були стисло розглянуті також прояви попелу в Сумській, Кіровоградській, Дніпропетровській, Луганській і Донецькій областях. У 1998 р. були опубліковані дані про Донецьке місцезнаходження вулканічного скла [7], у 2011 р. з'явилася інформація про поклад вулканічного попелу біля с. Левківка на Ізюмщині [2].

В цих публікаціях міститься докладна інформація про геологічну будову покладів попелу, проте майже відсутня його мінералогічна характеристика і не було остаточно з'ясовано звідки він надійшов до Харківщини.

Виклад основного матеріалу.

В нашому регіоні відомі такі поклади вулканічного попелу.

Поклад поблизу с. Руські Тишки (Харківський район)

Координати - 50° 09' 00" півн. ш., 36° 23' 33" сх. д. Знаходиться у 22 км на північ від м. Харків на північно-західній околиці села в ярі Крутий Лог.

Геологічний розріз, який було чудово відкрито в цьому ярі у 1960-70 рр. минулого століття, в теперішній час значно перекритий делювієм, але лінзу попелу товщиною до 0,4 м можна добре спостерігати на протязі майже 6 м. Вона залягає в лесоподібному суглинку на глибині близько 3 м від поверхні. Цей поклад на 99,9% складається вулканічним склом і має найбільшу потужність серед інших таких об'єктів в регіоні.

Поклад поблизу с. Новоселівка (Нововодолазький район)

У 60-ті роки минулого століття у кар'єрі родовища олігоценівих скляних пісків в суглинках їх покрівлі на глибині 3-5 м від поверхні спостерігався лінзоподібний прошарок попелу товщиною до 0,08 м і протяжністю декілька м.

Поклад в селищі Краснокутськ

Вулканічний попіл був виявлений в ході геологічної зйомки у 1957 р. в правому борті Китчиного яру посеред жовто-бурих суглинків, коли на глибині 3,2-3,9 м зустріли лінзу ясно-сірого з буруватим відтінком попелу товщиною до 0,25 м і протяжністю біля 30 м. В цьому покладі вміст вулканічного скла сягає 99,3%.

Поклад в м. Харків

поблизу Малого Журавлівського узвозу

Координати - 50° 00' 15" півн. ш., 36° 15' 33" сх. д. У 1951 р. в лівому борті яра, що у 40 м на південь від сходів узвозу, на глибині 5,4 м у суглинках була виявлена лінза ясно-сірого вулканічного попелу довжиною 12 м з найбільшою товщиною 0,13 м. Поклад більш ніж на 90% складається вулканічним склом. На жаль, в теперішній час це відслонення, що являло великий науковий інтерес і було важливим об'єктом низки геологічних і географічних екскурсій, повністю завалено будівельними відходами.

Поклад поблизу с. Левківка

(Ізюмський район)

Координати - 49° 16' 36" півн. ш., 37° 09' 26" сх. д. Знаходиться у верхів'ї яру, що є лівим припливом балки Солонецький Яр в її середній частині. Тут на глибині біля 2 м залягає прошарок попелу 0,1 м завтовшки, в якому, як і в інших покладах, переважна кількість уламків вулканічного скла має розмір 0,005-0,10 мм.

Поклад поблизу с. Донецьке

(Ізюмський район)

Координати - 49° 08' 36" півн. ш., 37° 14' 10" сх. д. Поклад розташований у 5 км на захід від м. Ізюм уверх за течією р. Сіверський Донець, біля західної околиці села. Відслонення знаходиться у східній гілці великого яру, у 0,5 км від його устя в крутому правому борті на глибині 2-3 м. Поклад неправильно-лінзоподібної форми має товщину до 0,4 м і протяжність майже 10 м. Він складається суглинком, що містить уламки вулканічного скла в кількості близько 25%. Розміри більшої частини цих уламків лежать в межах 0,005-0,10 мм, витягнуті зерна сягають 0,20-0,30 мм у довжину при ширині 0,08-0,15 мм. Особливість цього прояву полягає в тому, що тут лінзоподібний поклад попелу було порушено давнім зсувом або мерзлотними деформаціями, притаманними бузькому кліматоліту [15]. Це зумовило його неправильну форму і змішування вулканічного попелу з матеріалом вміщуючих суглинків. При цьому частин-

ки вулканічного скла переважно зберегли гострокутову форму (рис. 1).

Усі зазначені поклади вулканічного попелу мають спільні риси, а саме: **1** - розташовані у бужькому кліматоліті верхньої частини товщі неоплейстоценових лесоподібних суглинків на глибині перших м; **2** - за формою вони лінзоподібні з товщиною до 0,4 м (частіше близько 0,1 м);

3 - мають чітку нижню межу і поступовий перехід в покриваючі суглинки; **4** - покладам властива переважно текстурна однорідність; **5** - колір попелу ясно-сірий, іноді з жовтуватим або коричневим відтінком; **6** - у покладах більш 90% частинок мають розмір 0,005-0,10 мм; **7** - поклади є схожими за типами уламків скла (рис. 1).



Рис. 1. Вид частинок вулканічного скла з покладів попелу під мікроскопом. Вгорі – попіл з Руських Тишків, посередині – з Левківки, внизу – з Донецького (розмір найкрупніших частинок близько 0,10 мм)

Морфологічна різноманітність частинок попелу визначається типом поверхні (гладка, скульптурна - гофрирована, з повздовжніми рівними валами або штрихами, кавернами), їх різною формою (частинки ізометричних, витягнутих і химерних обрисів, звичайно пластинчасті, а також менш поширені об'ємні брускоподібні і неправильні) і характером краю зерен (прямий, угнутий, вигнутий рівний чи вищерблений). Ознаки обкатування відсутні, що свідчить про їх повітряне

перенесення від центру ерупції і швидкого поховання після випадіння. Суттєво переважають частинки прозорого скла у вигляді тонких (близько 0,004 мм завтовшки) кутастих пластинок з гладкою поверхнею і рівними прямими і закругленими краями.

Встановлені під оптичним мікроскопом морфологічні ознаки вулканічного попелу покладів Харківщини підтверджуються електронно-мікроскопічним дослідженням (рис. 2). Воно свідчить

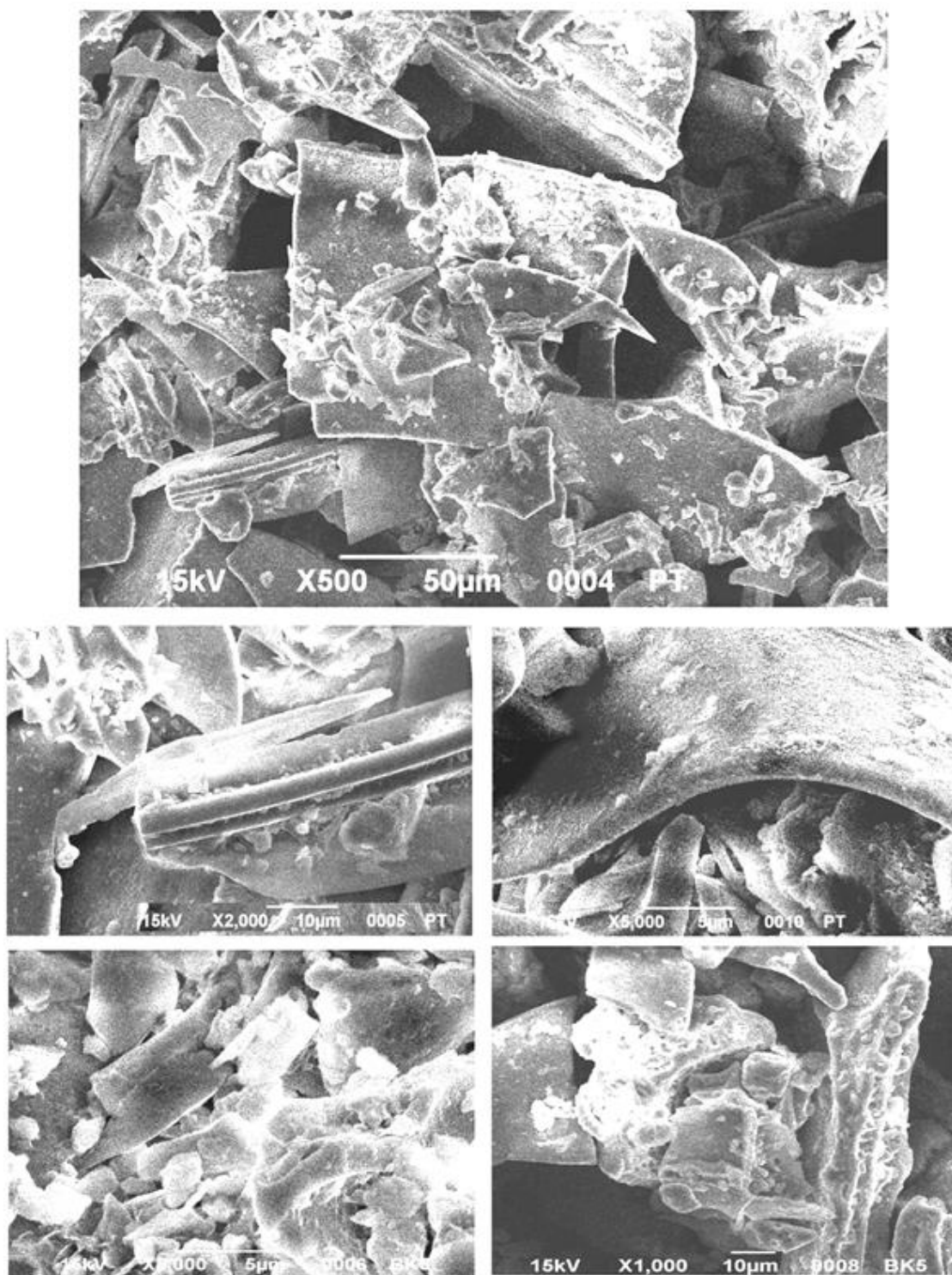


Рис. 2. Електронні фотографії вулканічного попелу. Вгорі і посередині – попіл з покладу Руських Тишків, внизу – Левківки (скануючий мікроскоп JSM 6390 LV фірми JEOL, Японія)

також про його певну відмінність від попелу проявів, розташованих ближче до центру ерупції, в яких частинки попелу здебільшого мають більш об'ємну форму, утворену зростаннями переважно пластинчастих елементів [25]. Такі уламки вулканічного скла менш доступні далекому перенесенню на відміну від тонких дрібних пластинок, які і спостерігаються у нашому регіоні.

Зразки *лесоподібних суглинків з домішкою вулканічного скла* нами були відібрані в таких пунктах Харківщини: м. Харків - вул. Сумська поблизу входу у міський парк, на Дальній Журавлівці, у Саржиному ярі, на території зоопарку; на північ від Харкова у верхів'ї р. Рогозянка; в кар'єрі Новоселівського родовища скляних

пісків; поблизу м. Ізюм - в кар'єрі Кам'янського цегляного заводу і на східній околиці с. Кам'янка.

Частинки вулканічного скла, розсіяні у суглинках, теж пластинчасті, але на відміну від гострокутних уламків з покладів, їх форма звичайно дещо закруглена, частинки попелу з гострими кутами зустрічаються не дуже часто. Це свідчить про те, що після випадіння, при утворенні шарів суглинків вони зазнавали транспортування, яке призвело до їх помітного обкатування. Розмірність уламків та ж сама, що і в покладах попелу.

Гранулометрична характеристика попелу приведена у табл. 1.

Для наочності результатів гранулометричного аналізу за даними табл. 1 побудовані гістограми, криві розподілення і кумуляти (рис. 3-5).

Таблиця 1

Гранулометрія вулканічного попелу покладів на Харківщині (за [5])

Прояви	Фракції, мм. Вміст фракцій, %							
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
1. Харків	-	0,64	18,82		32,84	41,94	4,89	0,87
2. Руські Тишки	-	0,01	0,72	24,97	50,98	20,44	1,56	1,32
3. Краснокутськ	0,01	0,03	1,25	31,42	44,47	18,32	2,73	1,79
4. Новоселівка	0,02	0,30	3,65	46,97	29,47	16,62	1,10	1,88

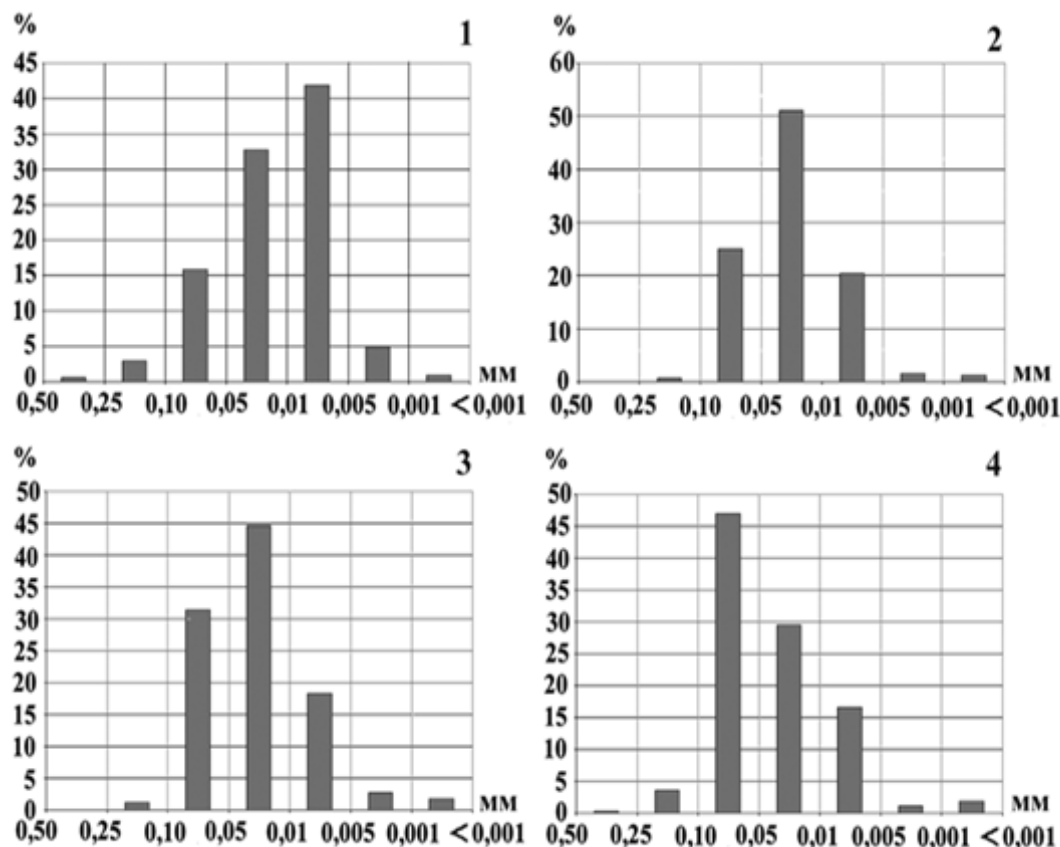


Рис. 3. Гістограми розподілення попелу за розміром уламків вулканічного скла. Поклади: 1 - Харків, 2 - Руські Тишки, 3 - Краснокутськ, 4 - Новоселівка

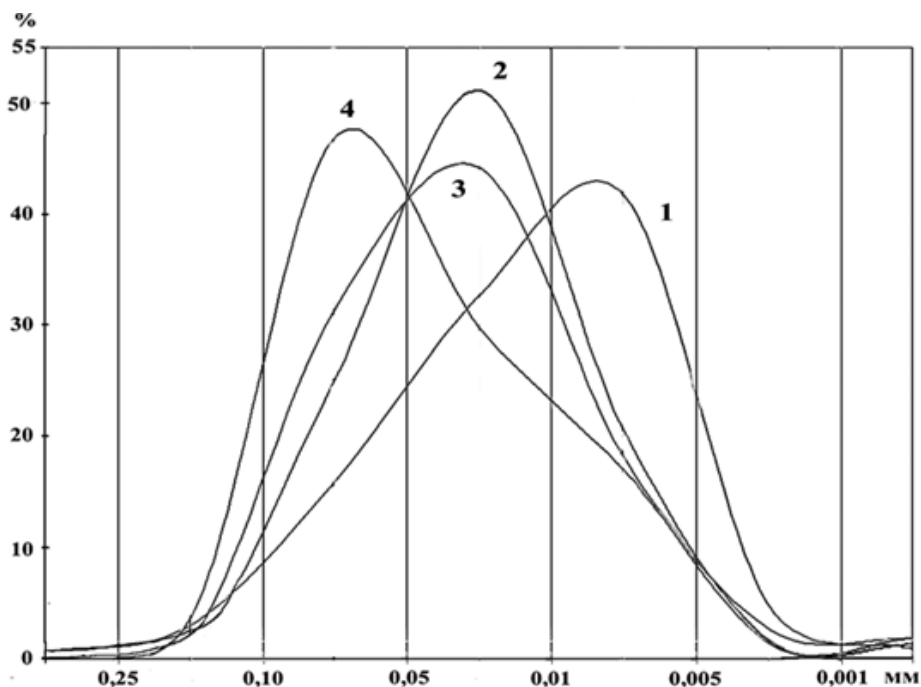


Рис. 4. Криві розподілу попелу за розміром уламків вулканічного скла.
1-4 – поклади попелу, див. рис 3

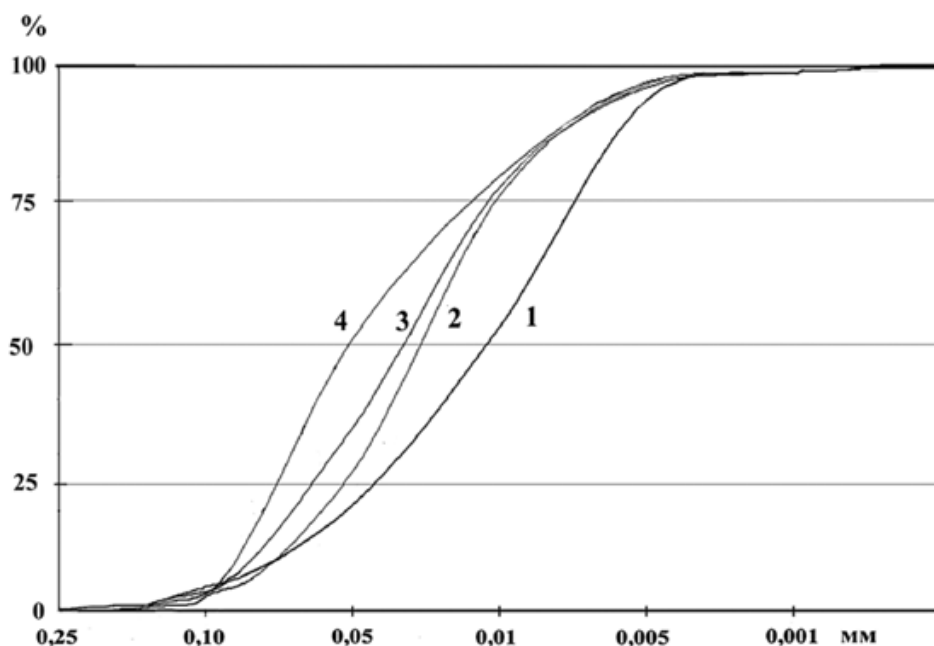


Рис. 5. Кумулятивні криві розподілу попелу за розміром уламків вулканічного скла.
1-4 – поклади попелу, див. рис 3

За цими даними визначені такі статистичні характеристики розподілення попелу за розміром частинок вулканічного скла: медіана M_e , мода M_o і коефіцієнт сортування S_o , знайдений за кумулятою як відношення першої і третьої кватилей (табл. 2). Вони дозволяють розглядати попіл Харківщини як переважно погано сортований алеврит (розміри уламків вулканічного скла, головним чином, знаходяться в інтервалі 0,005-0,10 мм, що відповідає розмірності алевриту і дрібного пилу).

Модальні значення відбивають більшу роль крупних фракцій в попелі з Новоселівки і тонких часток – з Харкова. Це, скоріше за все, зумовлено роботою вітру при переміщенні частинок попелу у місця поховання у вітровому затінку, при чому найбільш тонкі фракції зазнають видування. Таким чином відбувається диференціація попільного матеріалу безпосередньо при формуванні покладу: попіл, принесений в місце поховання здалеку, стає більш грубим. Можливо, саме цим зу-

Статистичні характеристики розподілення попелу з покладів Харківщини

Прояви попелу	Характеристики		
	M_e	M_o	S_o
1. Харків	0,013	0,008	5,9
2. Руські Тишки	0,030	0,030	5,3
3. Краснокутськ	0,033	0,034	5,0
4. Новоселівка	0,050	0,070	4,2

мовлений майже вдвічі більший вміст частинок крупніших за 0,08 мм у верхній частині покладу у с. Руські Тишки (близько 17%) ніж поблизу його підшови (9%).

Дослідження в оптичному мікроскопі свідчить, що вулканічне скло є безбарвним та ізотропним. За даними імерсійного аналізу воно має показник світлозаломлення 1,517, що відповідає вулканічному склу трахітового складу. В ході роботи показники імерсійної рідини стандартного набору перевірялися на рефрактометрі ІРФ-22, використовувався метод хроматичної варіації з використанням світлофільтрів з вузькими інтервалами пропускання і вводилися поправки на температуру. Зазначимо, що попел з близьких до Харківщини проявів має таке ж значення світлозаломлення [5, 6, 17, 18].

Рентгенометричне дослідження порошкових проб проводилося на дифрактометрі ДРОН-3

з виведенням даних на ЕВМ завдяки програмного комплексу для зображення дифрактограм і одержання рентгенівських характеристик. Використовувалося випромінювання $Fe_{K\alpha}$ з $Mn \beta$ -фільтром в інтервалі кутів 2θ 7-80° при силі току 20 mA з напругою 30 kV. Швидкість руху лічильника - 2°/хв, кутові відсічки через 2°.

На рис. 6 показані фрагменти дифрактограм в області кутів 2θ 7-60° вулканічного попелу з с. Руські Тишки і для порівняння - добре відомого чорного обсидіану родовища Артені, Вірменія. Ці рентгенограми дуже схожі і являють собою пологі криві, що є типовими для скла, тобто аморфної речовини. Звертає на себе увагу дуже слабке підняття фону при кутах 2θ 23-35°, яке, можливо, фіксує наявність у склі неупорядкованих структурних груп SiO_4 .

Інфрачервоні спектри поглинання (рис. 7) одержані в інтервалі частот 4000-400 cm^{-1} на спек-

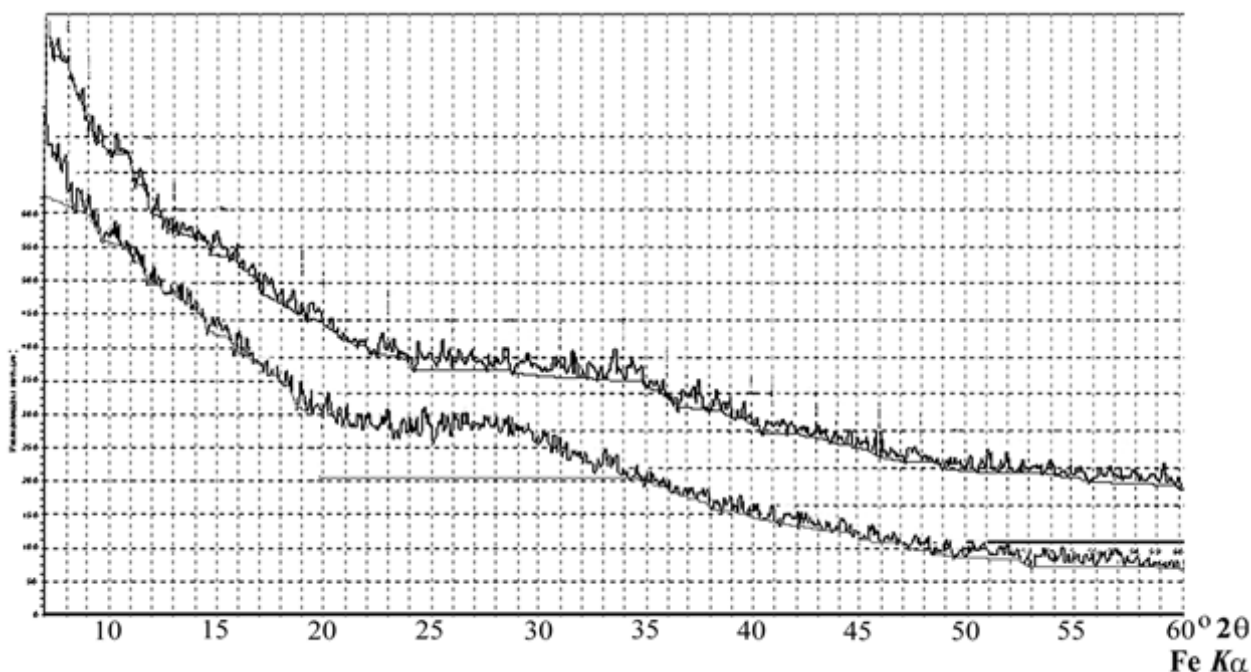


Рис. 6. Дифрактограми попелу з покладу Руських Тишків (вгорі) та обсидіану родовища Артені

трометрі "ALPHA" с приставкою "ALPHA-T" і використанням програмного комплексу OPUS. Препарати готувалися пресуванням порошків досліджуваних зразків під тиском 8-8,5 Мпа з додаванням КВr.

Смуги поглинання в області 3500-1350 cm^{-1} , певне, зумовлені наявністю в зразках молекул води, гідроксильних груп, або іонів гідроксонію [13]. Смуги з частотами менш 1100 cm^{-1} можуть бути зумовленими як деформаційними коливан-

нями гідроксильних груп, так і силікатними компонентами скла (іонними групами SiO_4 , їх кільцями і т. ін.). Це узгоджується з уявленнями про скло як неоднорідну трьохмірну структуру,

складену переважно кремнекисневимим тетраедрами з неупорядкованими і упорядкованими групами атомів [3 та ін.].

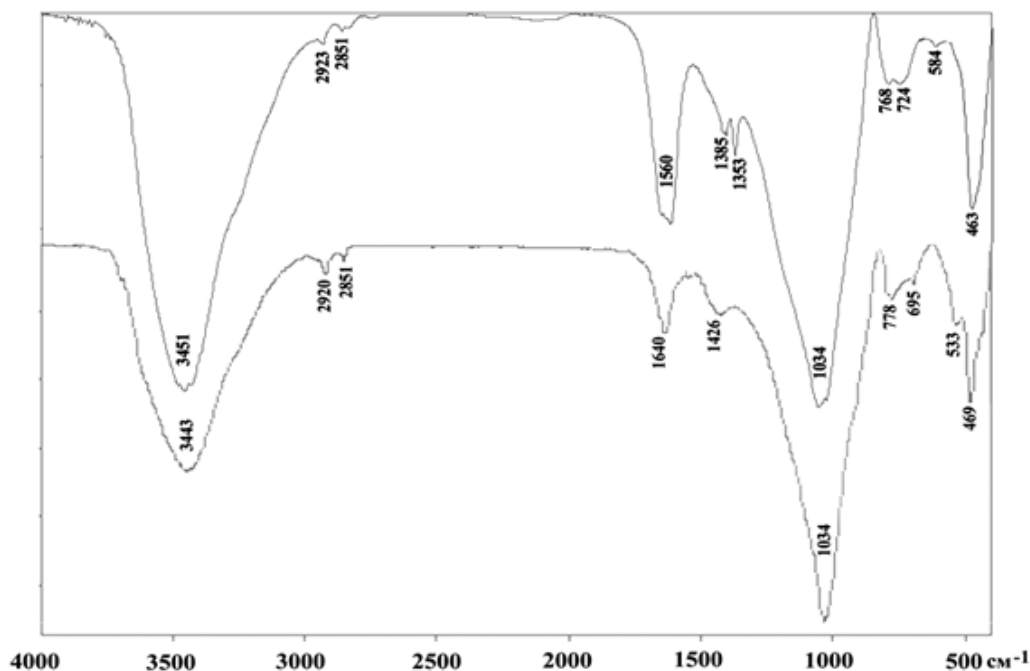


Рис. 7. ІЧ-спектри зразків попелу з покладів Руських Тишків (вгорі) і Левківки

Хімічне дослідження вулканічного попелу є дуже важливим для встановлення його витоків. Дані про хімічний склад попелу Харківщини (табл. 3) подано за публікацією [5]. За 7 аналізами однотипного попелу з покладів Харкова, Краснокутська і Руських Тишків (ваговий метод, %) його середній склад є таким: SiO_2 - 58,88, Al_2O_3 - 18,79, Fe_2O_3 - 2,55, FeO - 1,33, MnO - 0,21, MgO - 0,55, CaO - 2,53, Na_2O - 5,03, K_2O - 6,30, втрата при прожарюванні - 4,15. Виходячи з цього, сума лугів - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - складає 11,33%, відношення Na_2O до K_2O - 0,80, а $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ до Al_2O_3 - 0,60. За цими показниками можна вважати, що вулканічний попел Харківщини відповідає складу середніх порід сублужного ряду - трахітам К-На серії [1] і близький до середніх лужних порід, зокрема італітів неаполітанської провінції і відомих там кампанських ігнімбритів [28]).

В усіх публікаціях про знахідки вулканічного попелу на Харківщині обговорювалися вірогідні області вулканізму, з яких попел було занесено у наш регіон. При цьому дослідники виходили, головним чином, з уявлень про найближче розташування цих областей. Найчастіше називали вулкани Головного Кавказького хребта, Закавказзя, Малої Азії, в деяких публікаціях - також Егейського моря, Італії і Франції [4-6, 16 та ін.].

Зрозуміло, що при вирішенні цього питання слід виходити одночасно з *хімічного складу вулканітів, ступеня експлозивності вивержень та їх*

віку. Тобто це повинен бути вулкан з трахітовим складом вулканітів і дуже потужним вибуховим характером виверження, що відбувалося у пізньому неоплейстоцені. За цими ознаками досліджуваний нами попел відповідає супервулкану Флегрейські поля [20, 21, 23]. Це узгоджується з уявленнями про походження розташованих на схід від нашого регіону проявів вулканічного попелу Воронезької області [11].

Як відомо, Флегрейські поля знаходяться в регіоні Кампанія, провінції Неаполь, на північний захід від м. Неаполь, і включають його околиці [20, 21 та ін.]. В центрі структури розташовано м. Поццуолі. Ця місцевість ще у 70-80-х роках минулого століття розглядалася в якості великої пам'ятки природи лише тому, що тут на відносно невеликій площі містяться 24 вулканічні кратери та споруди (в тому числі наймолодший вулкан в Європі - Монте Нуово, що виник у 1538 р.) і проявлена активна сольфатарна діяльність [19]. З часом виявилось найважливіше - саме те, що Флегрейські поля являють собою кальдеру супервулкану, найбільш катастрофічне виверження якого (з утворенням кампанських ігнімбритів) відбулося у пізньому неоплейстоцені - $39,28 \pm 0,11$ тис. р. тому [20-28 та ін.].

Вік попелу харківських місцезнаходжень не суперечить вказаній даті оскільки попел залягає у верхній частині неоплейстоцену. Для уточнення його віку було використано дослідження кола-

геновим методом кісткових залишків, що містяться в відслоненнях суглинків поблизу покладів попелу (залишки зубра у Харкові та коня у Краснокутську). Вони вивчалися І. Г. Підопличком, який розробив цей метод визначення геологічного віку викопних кісток четвертинної системи, в лабораторії палеозоології АН УРСР. І хоча одержані результати були неоднозначними, їх було інтерпретовано як пізній плейстоцен [6].

Відомо, що попільний шлейф зазначеного виверження має протяжність більш 2200 км і витягнутий у північно-східному напрямі - про це свідчать знахідки попелу в Греції, Албанії, Чорногорії, Болгарії, Румунії, Молдові, Росії [11, 22-25,

27]. Вважають, що товщина шлейфу на відносно невеликій відстані від Флегрейських полів (Балкани, Адріатичне море) в середньому складала 5-10 см, зменшуючись до 2-5 см і менше на більшій від них відстані (послідовно від Румунії до Воронежської області Росії) [22, 23]. Проте, мабуть, шару з постійною товщиною не виникало, тому що вулканічне скло після випадіння ще переносилося вітром у локальні понижені ділянки місцевості, де і формувалися його поклади. Порівняння попелу деяких вказаних місцезнаходжень з відповідними об'єктами Харківщини свідчить про їх подібність (табл. 3, 4).

Таблиця 3

Хімічний склад вулканічного попелу флегрейського шлейфу
(в аналізі попелу Воронежської області вміст Na_2O , мабуть, є дещо заниженим)

Місцезнаходження попелу	Хімічний склад вулканічного попелу, ваг. %							Тип вулканітів
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$	$(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) : \text{Al}_2\text{O}_3$	
Воронежська область	59,12	18,22	3,85	6,35	10,20	0,61	0,56	Трахіт [9]
Харківщина	58,88	18,79	5,03	6,30	11,33	0,80	0,60	Трахіт [5]
Румунія, Urluia Quarry	59,35	18,54	5,66	7,31	12,97	0,77	0,70	Трахіт, фаноліт [23]
Флегреські поля	61,40	18,22	6,14	7,30	13,53	0,85	0,71	Трахіт, фаноліт [28]

Таблиця 4

Характеристика деяких покладів вулканічного попелу флегрейського шлейфу

Місцезнаходження	Вік попелу (вулканітів)	Морфологія частинок попелу	Характеристика покладів попелу
Воронежська область	39,3 тис. р. [17, 18]	Переважно пластинчасті частки прозорого скла ізометричної форми, а також видовжені зерна, призматичні уламки з паралельною повздожньою штриховкою, уламки з гофрированою поверхнею та ін.	Лінзоподібні поклади в неоплейстоценових лесоподібних суглинках товщиною від перших см до перших десятків см (в деяких випадках - більше м). Підшва завжди чітка, перехід до покриваючих суглинків поступовий
Харківщина	Пізній неоплейстоцен [5, 6]		
Румунія, Urluia Quarry	близько до віку кампанських ігнімбритів [23]		
Флегрейські поля	39,28 тис. р. [20, 21 та ін.]	Ігнімбрити	Пластові тіла

Все це дозволяє стверджувати, що прояви вулканічного попелу Харківщини зумовлені грандіозним виверженням вулкану Флегрейських полів, хоча відстань між ним і нашою територією перевищує 2000 км. Повітряне перенесення часток вулканічного скла не викликає сумнівів завдяки їх дрібнозернистості, пластинчастій формі і відсутності ознак обкатування саме у покладах попелу.

Висновки. Дослідження вулканічного попелу Харківщини почалося в середині минулого

століття. Ними в регіоні було встановлено декілька покладів попелу і численні місцезнаходження вулканічного скла, розсіяного у лесоподібних суглинках бузького кліматоліту.

Результати вивчення свідчать про подібність об'єктів, що містяться в межах пірокластичного шлейфу супервулкану Флегрейські поля. Прояви вулканічного попелу нашого регіону заповнюють у цьому шлейфі територію між більш відомими східними покладами Воронежської області Росії і

тими, що розташовані на заході - ближче до Флегрейських полів, зокрема, у Румунії. Завдяки великій віддаленості Харківщини від зазначеного центру ерупції, нашої території повітряним шляхом досягли переважно дуже дрібні пластинчасті частинки вулканічного скла.

Щодо подальших досліджень, доцільним є виявлення нових покладів вулканічного попелу, а також вивчення розповсюдження бузьких лесоподібних суглинків з розсіяним в них вулканічним склом як маркуючого горизонту з метою їх тєфро-стратиграфії і кореляції відкладів, тим більш, що методика таких досліджень розроблена [17, 25], а бажаність їх проведення в нашому регіоні вказувалася в деяких публікаціях [5, 6]. В зв'язку з цим зазначимо, що дані про вік розглянутого вулканічного попелу (близько 39,3 тис. р.) є важливими для датування бузького кліматоліту. Заслуговує на увагу також доцільність використання цих даних в якості хронологічного маркера в археологічних дослідженнях палеоліту.

Вулканічний попіл Харківщини є визначним краєзнавчим компонентом геологічних пам'яток

природи великого наукового і освітнього значення, який відбиває грандіозність вивержень супервулканів. Найкращим для практичного використання в науково-освітніх цілях можна вважати поклад вулканічного попелу поблизу с. Руські Тишки. Цей геосайт не випадково було віднесено до числа геологічних пам'яток України [12]. На жаль, він залишився поза увагою авторів фундаментального видання [2]. Його значення збільшилося у зв'язку з тим, що раніш широко відоме відслонення попелу на Малому Журавлівському узвозі в м. Харків було знищено під час міської забудови. Отже, актуальною є задача не тільки виявлення нових вартих уваги геологічних об'єктів, а й збереження вже відомих геосайтів як непоправних пам'яток природи [8].

Наприкінці висловлюємо велику вдячність доценту О.С. Борзяк за одержані аналітичні дані, а також Г.О. Измалкову і А.М. Распопову за участь і допомогу у проведенні польових досліджень та доц. О.О. Клевцову, який вказав місце розташування прояву вулканічного скла поблизу с. Донецьке.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

Література

1. Войткевич Г.В. *Справочник по геохимии* [Текст] / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990. – 480 с.
2. *Геологічні пам'ятки України. – Т. 4* [Текст] / В.П. Безвинний, С.В. Білецький, О.Б. Бобров та ін.; за ред. В.І. Калініна, Д.С. Гурського. – Львів: ЗУКЦ, 2011. – 280 с.
3. *Инфракрасные спектры неорганических стекол и кристаллов* [Текст] / Под ред. А.Г. Власова и В.А. Флоринской. – Л.: Химия, 1972. – 304 с.
4. Карлов Н.Н. *К истории изучения вулканических пеплов Европейской части СССР* [Текст] / Н.Н. Карлов // Бюл. МОИП, новая сер., Т. LXII. – Отд. геол. – Т. XXXII. Вып. 2. – 1957. – С. 26–47.
5. Ковалев П.В. *Новые находки четвертичных вулканических пеплов на Левобережной Украине* [Текст] / П.В. Ковалев, И.Н. Ремизов, С.И. Проходский // *Природные ресурсы Левобережной Украины и их использование. Т. 1.* – Харьков, Изд. Харьк. ун-та, 1962. – С. 151–165.
6. Ковалев П.В. *Находки вулканического пепла в окрестностях Харькова* [Текст] / П.В. Ковалев, И.Н. Ремизов, С.И. Проходский // *Путеводитель экскурсий III съезда Географического общества УССР.* – Харьков: Облплграфиздат, 1975. – С. 38–44.
7. Космачев В.Г. *Донецкое местонахождение четвертичного вулканического пепла близ г. Изюм на Харьковщине* [Текст] / В.Г. Космачев, М.В. Космачева // *Вісн. Харк. ун-ту.* – 1998. – № 402: Геологія. Географія. Екологія. – С. 25–26.
8. Космачова М.В. *Геологічна будова та спадщина Харківщини: Навчальний посібник* [Текст] / М.В. Космачова. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2014. – 112 с.
9. Лодочников В.Н. *Полурыхлый пепловый туффиит трахита из Дуванки (окр. г. Павловска)* [Текст] / В.Н. Лодочников // *Тр. ЦНИГРИ.* – 1935. – Вып. 39. – С. 19–34.
10. Лучицкий В.И. *Вулканические пеплы Воронежской области* [Текст] / В.И. Лучицкий // *Тр. Воронеж. ун-та.* – 1939. – Т. II. – Вып. 5. – С. 37–50.
11. Мелекесцев И.В. *Катастрофическое извержение в районе Флегрейских полей (Италия) – возможный источник вулканического пепла в позднплейстоценовых отложениях Европейской части СССР* [Текст] / И.В. Мелекесцев, В.Ю. Кирьянов, Н.Д. Праслов // *Вулканология и сейсмология.* – 1984. – № 3. – С. 35–44.
12. Мигачева Е.Е. *Харьковская область* [Текст] / Е.Е. Мигачева, И.Н. Ремизов // *Геологические памятники Украины: Справочник-путеводитель* / Отв. ред. А.И. Зарицкий. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 117–122.
13. Плюснина И.И. *Инфракрасные спектры минералов* [Текст] / И.И. Плюснина. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1977. – 175 с.
14. Ремизов И.Н. *Путеводитель. Геоморфологическая экскурсия в Харькове* [Текст] / И.Н. Ремизов // *Программа межведомственной научной конференции, посвященной изучению и использованию природных ресурсов Левобережья Украинской ССР.* – Харьков, 1959. – С. 15–27.

15. Ремизов И.Н. Физико–географические условия накопления бугского яруса лесса на Украине [Текст] / И.Н. Ремизов, П.В. Ковалев // Известия Харьк. отдела Географ. об-ва Союза ССР. – 1963. – С. 14–20.
16. Романов И.С. Четвертичный вулканический пепел бассейна р. Мерлы [Текст] / И.С. Романов // Советская геология. – 1959. – № 10. – С. 136–138.
17. Холмовой Г.В. Вулканические пеплы в неоген–четвертичных отложениях и новые возможности тифростратиграфической корреляции (на примере Центрально–Черноземного региона) [Текст] / Г.В. Холмовой // Бюл. Комис. по изуч. четверт. периода АН СССР. – 1989. – № 58. – С. 152–155.
18. Холмовой Г.В. Морфоскопические особенности неогеновых и четвертичных вулканических пеплов Воронежской области [Текст] / Г.В. Холмовой // Вестник Воронеж. ун-та. – 2008. – Сер. геол. – № 1. – С. 19–22.
19. Шварцбах М. Великие памятники природы [Текст] / М. Шварцбах. – М.: МИП, 1973. – 332 с.
20. Campi Flegrei [Electronic resource]. – Available at : http://vulcan.fis.uniroma3.it/campi_flegrei/Campi_flegrei.html
21. Campi Flegrei [Electronic resource]. – Available at : https://it.wikipedia.org/wiki/Campi_Flegrei
22. Costa A. Quantifying volcanic ash dispersal and impact of the Campanian Ignimbrite super-eruption [Electronic resource] / A. Costa, A. Folch, G. Macedonio et al. // Geophysical Research Letters/ – V. 39. – Issue 10, version of Record online: 30 MAY 2012 – onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012GL051605/pdf
23. Fitzsimmons K. E. The Campanian Ignimbrite Eruption: New Data on Volcanic Ash Dispersal and Its Potential Impact on Human Evolution [Electronic resource] / K. E. Fitzsimmons, U. Hambach, D. Veres, R. Iovita // PLoS One. – 2013. – 8(6): e65839. – Available at : <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0065839>
24. Hoffecker J.F. From the Bay of Naples to the River Don: the Campanian Ignimbrite Eruption and the Middle to Upper Paleolithic transition in Eastern Europe [Text] / J.F. Hoffecker, V.T. Holliday, M.V. Anikovich et al. // Journal of Human Evolution. – 2008. – V. 55. – Issue 5. – P. 858–870. [Electronic resource]. – Available at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047248408001711>
25. Lowe J. Volcanic ash layers illuminate the resilience of Neanderthals and early modern humans to natural hazards [Text] / J. Lowe, N. Barton, S. Blockley et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2012. – V. 109. – № 34. – Pp. 13532–13537. [Electronic resource]. – Available at : www.pnas.org/content/109/34/13532/p3.expansion.html
26. Orsi G. Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera [Text] / G. Orsi, M.A. Di Vito, R. Isaia // Bulletin of Volcanology. – 2004. – V. 66. – Issue 6. – Pp. 514–530.
27. Pyle D.M. Wide dispersal and deposition of distal tephra during the Pleistocene 'Campanian Ignimbrite/Y5' eruption, Italy / [Text] / D.M. Pyle, G.D. Ricketts, V. Margari et al. // Quaternary Science Reviews. – V. 25. – Issues 21–22. – November 2006. – Pp. 2713–2728. [Electronic resource]. – Available at : <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.06.008>
28. Tomlinson E.L. Geochemistry of the Phlegraean Fields (Italy) proximal sources for major Mediterranean tephras: Implications for the dispersal of Plinian and co-ignimbritic components of explosive eruptions [Text] / E.L. Tomlinson, I. Arienzo, L. Civetta et al. // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2012. – 93. – Pp. 102–128. [Electronic resource]. – Available at : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016703712003535>

UDC 551.217(477.54)

Volodymyr Kosmachov,

PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Geology,
V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine,
e-mail: kosmachov@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3365-5524>;

Mariya Kosmachova,

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Geology,
V. N. Karazin Kharkiv National University,
e-mail: kosmachovamv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5642-8709>

QUATERNARY VOLCANIC ASH OF KHARKIV REGION

Formulation of the problem. The article is devoted to detail geological and mineralogical description of quaternary volcanic ash in Kharkiv region.

The purpose of the article is to ground its origin.

Presentation of the main material. Quaternary volcanic ash was discovered in Kharkiv region in the middle of last century. There are a few Late Neo-Pleistocene deposits of volcanic ash in Kharkiv region now. They are located in Kharkiv and near such villages as Russki Tishki, Novoselivka, Levkivka, Donetzke and Krasnokutsk. Such deposits of volcanic ash were found in the neighboring regions of the Eastern Ukraine - Lugansk, Donetsk, Dnieperpetrovsk and some other regions.

Volcanic ash forms the elongated lenticular deposits in the loess loam strata. The contact of ash beds is clear with underlying loess and gradual with overlying loess. The ash lies 3-5 m below the surface of loess. These ashes are light-grey with feeble yellow or brown shades. Its thickness is up to 0.4 m.

The particles of the ash are volcanic colourless isotropic glass with refraction index 1,517. Its forms are various. Plate isometric and elongated ash particles with even straight or cambered sides are the most widespread. Predominance of 0.005-0.1 mm particles in this ash rocks is confirmed by the results of mechanical analyses. This tephra is badly sorted. Their sort factor is 4.2-5.9. The ash deposits were formed by wind transportation of ash particles to wind shadow zones.

The results of X-ray investigation are typical for glass. IR-spectra investigation revealed molecular water and hydroxyl groups in the volcanic ash. Chemical composition of the volcanic ash of Kharkiv region is characterized by the average percentage of SiO_2 – 58.88, Al_2O_3 – 18.79, Na_2O – 5.03, K_2O – 6.30, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ – 11.33. Relation of Na_2O to K_2O is 0.80 and $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ to Al_2O_3 is 0.60. It corresponds to trachyte and phonolite and is confirmed by the refraction index of glass particles.

The volcanic glass particles are angular and non-rounded. This fact signifies the eolian origin of ash deposits.

Moreover, numerous manifestations of volcanic ash scattered in loess loams are found in Kharkiv region. These loams contain only a few per cents of poorly rounded volcanic ash particles. The loess loams with scattered volcanic ash and volcanic ash deposits belong to the same stratigraphic datum - to the Bugskij horizon, which correspond to Wurmian stage.

Conclusions. All tephra deposits of Kharkiv region are in the ash plume of the super-eruption, which occurred in Southern Italy about 39280 years ago (Campanian Ignimbrite eruption). Kharkiv objects fill territory in this plume between the ash depositions of Romania and Russian Voronezh region. They are similar to all other tephra localities of this plume. The volcanic ash was taken by air from the Phlegraean Fields though the distance between Kharkiv and this volcano is over 2000 km.

Scientific novelty and practical significance. We can affirm that Kharkiv ash deposits are the result of distant ashfall of Phlegraean Fields super-eruption. The volcanic ash is a horizon marker in the Neo-Pleistocene strata and a datum mark for archaeological study of the Paleolithic cultures.

Volcanic ash is a remarkable component of Kharkiv region geological monuments. Russki Tishki locality of volcanic ash is the best object in Kharkiv region. It is situated in 22 km north from Kharkiv. These geological sights have been used as objects of scientific tourism and native land study. Their protection is of highly necessity.

Keywords: volcanic glass, ash deposits, geological monuments.

References

1. Vojtkevich, G.V., Kokin, A.V., Miroshnikov, A.E., Prokhorov V.G. (1990). *Geochemical handbook. Moscow, Russia: Bowel, 480 [in Russian].*
2. Bezvinnyj, V.P., Bileckij, S.V., Bobrov, O.B. at al. (2011). *Geological landmarks of Ukraine. 4. Lviv, Ukraine: ZUKC, 280 [in Ukrainian].*
3. *Infrared spectrums of inorganic glass and crystals (1972.) L.: Chemistry. 304 [in Russian].*
4. Karlov N.N. (1957). *History of investigation of volcanic ash in the European part of the USSR. Bull. Moscow Society of Nature Investigation, new series, V. LXII. - Section. geol. XXXII, 2. 26-47 [in Russian].*
5. Kovalev P.V., Remizov I.N., Prokhodskij S.I. (1962). *New finds of quaternary volcanic ash in the left-coast part of Ukrainian SSR. Natural resources of the left-coast part of Ukraine and its uses. 1. Kharkiv. 151-165 [in Russian].*
6. Kovalev P.V., Remizov I.N., Prokhodskij, S.I. (1975). *The finds of quaternary volcanic ash in Kharkiv neighbourhood. Guide of III congress of Geographical society USSR excursion. Kharkiv. 38-44 [in Russian].*
7. Kosmachev V.G., Kosmacheva M.V. (1998). *Donetsk deposit of quaternary volcanic ash in Kharkiv region. News of V. N. Karazin Kharkiv National University, series Geology, Geography, Ecology. 402. 25-26 [in Russian].*
8. Kosmachova M.V. (2014). *Geological structure and heritage of Kharkiv region. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University. 112 [in Ukrainian].*
9. Lodochnikov V.N. (1935). *Semi-hard trachyte ash tuffite from Duvanka near Pavlovsk. Works. CNIGRI. 39, 19-34 [in Russian].*
10. Luchickij V.I. (1939). *Volcanic ash of Voronezh district. Works. Voronezh. University. 11, 5, 37-50 [in Russian].*
11. Melekestsev, I.V., Kirianov, V.Y., Praslov, N.D. (1984). *Catastrophic eruption in the Phlegraean Fields district (Italy) - possible source for a volcanic ash in late Pleistocene sediments of the European part of the USSR. Volcanology and seismology. 3, 35-44 [in Russian].*
12. Migacheva, E.E., Remizov, I.N. (1985). *Geological monuments of Ukraine: Kharkiv region. Kiev, Ukraine: Scientific Thought. 117-122 [in Russian].*
13. Plyushnina, I.I. (1977). *Infrared spectrums of minerals. Moscow, Russia: Publishing house of Moscow University. 175 [in Russian].*
14. Remizov I.N. (1959). *Guide-book of geomorphological excursion in Kharkiv [The program of scientific conference devoted to investigation and uses of natural resources of left-coast part of Ukrainian SSR]. Kharkov. 15-27 [in Russian].*

15. Remizov I.N., Kovalev P.V. (1963). *Physiogeographic conditions of Bugsk loess accumulation in Ukraine. News of Kharkiv section of Geograf. society of the USSR, 14-20 [in Russian].*
16. Романов І.С. (1959) *Quaternary volcanic ash of Merla basin. Soviet Geology. 10, 136-138 [in Russian].*
17. Kholmovoj G.V. (1989) *Volcanic ash in Neogene--Quaternary deposits and new possibility of tefrostratigraphic correlation. Bull. of Quaternary Period Commission of the Academy science of the USSR. 58, 152-155 [in Russian].*
18. Kholmovoj G.V. (2008). *Morfoskopic peculiarities of Neogene and Quaternary volcanic ash of Voronezh district. News of Voronezh. University. Ser. geol. 1, 19-22 [in Russian].*
19. Schwarzbach, M. (1973). *Great nature monuments. Moscow, Russia: MIR. 332 [in Russian].*
20. Campi Flegrei. Available at: http://vulcan.fis.uniroma3.it/campi_flegrei/Campi_flegrei.html
21. Campi Flegrei. Available at : https://it.wikipedia.org/wiki/Campi_Flegrei
22. Costa A., Folch A., Macedonio. G. at al. (2012). *Quantifying volcanic ash dispersal and impact of the Campanian Ignimbrite super-eruption. Geophysical Research Letters. 39, 10, version of Record online: 30 MAY 2012 - onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012 GL 051605/pdf*
23. Fitzsimmons K. E., Hambach U., Veres D., Iovita R. (2013). *The Campanian Ignimbrite Eruption: New Data on Volcanic Ash Dispersal and Its Potential Impact on Human Evolution. PLoS One. 8(6): e65839. Available at: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0065839*
24. Hoffecker J.F., Holliday V.T., Anikovich M.V. at al. (2008). *From the Bay of Naples to the River Don: the Campanian Ignimbrite Eruption and the Middle to Upper Paleolithic transition in Eastern Europe. Journal of Human Evolution. 55, 5. 858-870. Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047248408001711*
25. Lowe J., Barton N., Blockley S., at al. (2012). *Volcanic ash layers illuminate the resilience of Neanderthals and early modern humans to natural hazards. Proceedings of the National Academy of Sciences. 109, 34. 13532-13537. Available at: www.pnas.org/content/109/34/13532/p3.expansion.html*
26. Orsi G., Di Vito M.A., Isaia R. (2004). *Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera. Bulletin of Volcanology. 66, 6. 514-530.*
27. Pyle D.M., Ricketts G.D., Margari V. at al. (2006). *Wide dispersal and deposition of distal tephra during the Pleistocene 'Campanian Ignimbrite/Y5' eruption, Italy. Quaternary Science Reviews. 25, 21-22. 2713-2728.*
28. Tomlinson E.L., Arienzo I., Civetta L. et al. (2012). *Geochemistry of the Phlegraean Fields (Italy) proximal sources for major Mediterranean tephra: Implications for the dispersal of Plinian and co-ignimbritic components of explosive eruptions. Geochemica et Cosmochemica Acta. 93, 102-128.*