

УДК 551.311.8 : 552.5 : 550.4 (477.75)

Самойлов Д.А., Виршило А.В.

ГЕОХІМІЯ СОПКОВИХ БРЕКЧІЙ ГРЯЗЬОВОГО ВУЛКАНУ БУЛГАНАК (КЕРЧЕНСЬКИЙ ПІВОСТРІВ): ПОПЕРЕДНІ ДАНІ ТА ЇХ МОЖЛИВА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Викладені результати вивчення геохімічних особливостей продуктів вивержень (сопкова брекчія) грязьового вулкану Булганак (Керченський півострів). Інтерпретація отриманих даних дозволила зробити спробу ідентифікації стратиграфічного рівня мобілізації матеріалу брекчій та кількісної оцінки внеску різних стратиграфічних підрозділів розрізу, які дрениються кореневою системою вулкану. Оцінена достовірність отриманих результатів і визначені напрямки подальших досліджень.

Грязьові вулкани – досить поширене геологічне явище. Вони виявлені в Азовсько-Чорноморському, Прикаспійському та багатьох інших регіонах, більшість з яких нафтогазоносні. Щоденно вулкани викидають на поверхню землі значну кількість продуктів своєї діяльності: газові, рідинні компоненти, суміш рідких глинистих утворень з твердими уламками порід та окремими мінеральними частинками (грязьовулканіну або сопкову брекчію). Грязьовулканічні брекчії різняться за складом, формуються за рахунок змішування при мобілізації та підйомі на денну поверхню речовини осадових товщ що залягають під грязьовулканічним осередком. Викиди фіксують та відображають особливості мінерального, петрографічного складу стратиграфічних горизонтів, які дрениються, та можуть свідчити про процеси, які в них відбуваються. Простеження коренів грязьовулканічних осередків на глибину до 10 км свідчить про значний вертикальний розмах розрізів що дрениються і дає підставу вважати грязьові вулкани «безкоштовними розвідувальними буровими» (Голубятніков, 1923).

Грязьовий вулканізм здавна привертає до себе увагу геологів. Його природу, механі-

зми утворення, умови функціонування, та інші аспекти, висвітлювали М.І.Андрусов, А.Д.Архангельський, О.О.Блохін, Ю.І.Іноземцев, Г.О.Личагін, З.Л.Маймін, В.В.Меннер, В.А.Нестеровський, А.А.Пасинков, Ю.В.Соболевський, М.М.Соколов, Н.О.Тітова, В.М.Холодов, К.Р.Чепіков, Є.Ф.Шнюков, та ін. Вони розглядали різні проблеми грязьового вулканізму Азовсько-Чорноморського та інших регіонів. Дослідження потребують мультидисциплінарного, комплексного підходу. Використання даних, отриманих у рамках різних геологічних дисциплін, доповнює, узагальнює та робить більш достовірними відомості про це явище природи. Незважаючи на кількість уже отриманої інформації, обрана авторами тема ще не вичерпана.

Наприклад, геохімічні особливості сопкової брекчії були досліджені [6], але не в контексті визначення стратиграфічного рівня мобілізації осадового матеріалу та встановлення інтенсивності процесів дренажу, яких зазнають осадові комплекси. Встановлення стратиграфічного рівня мобілізації осадового матеріалу відбувалось, переважно, за результатами визначення належності до певного стратиграфічного рівня

окремих відносно крупних уламків осадових порід із сопкової брекчії [2].

Головним джерелом фактичного матеріалу є продукти грязьовулканічної діяльності – грязьовулканічні брекчії. Вони утворюються внаслідок змішування речовини всіх підрозділів розрізу, які дренуються кореневою системою вулкану. В якості джерел відомостей про глибинну будову вулканічної структури традиційно розглядаються три компоненти брекчій: (1) матричний (глиниста складова брекчії, що містить дрібні уламки гірських порід та окремі мінеральні частинки); (2) великоуламковий (сукупність уламків порід розміром понад 5 см) і (3) дрібноуламковий (сукупність мінеральних частинок) [3-6]. Головною перешкодою для використання цих компонентів у якості джерел інформації про склад і умови перебування залягаючих нижче товщ є їх інтегральний характер – вони, як і самі брекчії, утворились внаслідок змішування матеріалу всіх підрозділів розрізу, який дренується.

Оцінка внеску підрозділів розрізу в формування брекчій є очевидним та актуальним завданням, яке вирішувалось неодноразово [2, 4, 6, 7]. Проте, переважно, тільки на якісному рівні: визначався рівень мобілізації речовини за допомогою встановлення приналежності компонентів брекчії до того чи іншого стратиграфічного підрозділу.

Спроба оцінки кількісного внеску підрозділів осадових товщ у формування брекчій (визначення інтенсивності дренажу різних стратиграфічних горизонтів) зроблена нами на прикладі продуктів діяльності грязьового вулкана Булганак (Керченський півострів). Результати, які планується одержати, не мають прямих світових аналогів. Використаний нами метод визначення внеску підрозділів осадових товщ за даними геохімічних досліджень сопкових брекчій раніше в світовій практиці не зустрічався. Перші результати його застосування наведені в цій статті.

Предметом наших досліджень був компонент (1) – матричний компонент (глиниста складова брекчії, що містить дрібні уламки порід та окремі мінеральні частинки) брекчії грязьового вулкану Булганак. Цей компонент в середньому складає 94-98% від загального

об'єму викидів [2]. Використовувались продукти сучасної діяльності двох сопків – Андрусова (75 проб) та Центральне озеро (25 проб). Матеріал проб характеризував брекчії останніх вивержень сопків.

Для матеріалу всіх проб були визначені (XRF) концентрації петрогенних хімічних компонентів та мікроелементів. Одержані дані були зіставлені з наявними геохімічними даними для розрізів крейди і палеогену-неогену [6].

При порівнянні показників вмісту мікроелементів у складі дослідженого матеріалу з даними про їх вміст у складі порід провідних літологічних різновидів верхньої крейди та палеоген-неогенової майкопської серії, виявилось, що визначення кількісного внеску цих порід у склад сопкових брекчій можливе лише для обмеженої кількості мікроелементів – Zn, Zr, Nb, Ga, Sr. Для визначення ролі інших мікроелементів наявних геохімічних даних [5] недостатньо. Використання даних про вміст цих елементів унеможливило отримання адекватних показників дренажу відкладів верхньої крейди та палеоген-неогенової майкопської серії.

З урахуванням хоч одного мікроелементу окрім Zn, Zr, Nb, Ga, Sr, виходить, що для утворення брекчії необхідна деяка кількість матеріалу різних гірських порід, про які ми не маємо геохімічної інформації. Використовуючи лише дані про вміст Zn, Zr, Nb, Ga, Sr, ми можемо визначити внесок кожного з наявних осадових комплексів у формування продуктів виверження сопків Андрусова і Центральне озеро. Лише за цими елементами, при змішуванні осадових порід верхньої крейди та майкопської серії, можливе утворення матричного компоненту брекчії грязьового вулкана Булганак з такими значеннями вмісту цих елементів, які ми одержали після її аналітичного дослідження.

Показники вмісту мікроелементів у складі порід провідних літологічних різновидів верхньої крейди (мергелі, піски, вапняки, глини) та палеоген-неогенової майкопської серії (глини), за якими визначався вклад цих стратиграфічних комплексів у формування

матеріалу, виверженого сопками Андрусова і Центральне озеро, наведений у табл. 1.

Для брекчій досліджених сопок були визначені середні значення вмісту Zn, Zr, Nb, Ga,

Sr (табл. 2), за якими проводилось визначення внеску стратиграфічних комплексів у формування матричного компонента брекчій.

Таблиця 1.

Вміст мікроелементів (ppm) у складі порід провідних літологічних різновидів верхньої крейди та палеоген-неогенової майкопської серії [7].

Товща	Верхня крейда				Палеоген-неоген (майкопська серія)
Гірські породи	мергелі	піски	вапняки	глини	глини
Zn	0	0	900	80	105
Zr	4	219	2	28	140
Nb	0	2	0	1	15
Ga	11	21	10	30	1
Sr	538	465	600	700	207

Таблиця 2.

Середній вміст (ppm) мікроелементів у складі матричного компонента брекчій грязьових вулканів

	Весь регіон [6] (за літературними даними)	Сопка Центральне озеро	Сопка Андрусова
Zn	107	94	106
Zr	127	202	194
Nb	15	13	13
Ga	12	15	19
Sr	496	261	181

Для визначення внеску кожного стратиграфічного підрозділу в загальний склад матричного компонента брекчій грязьових вулканів була розв'язана система з п'яти рівнянь типу:

$$C_{n1}V_1 + C_{n2}V_2 + C_{n3}V_3 + C_{n4}V_4 + C_{n5}V_5 = 100C_n,$$

– по рівнянню на кожен хімічний елемент, де за вмістом кожного з мікроелементів у складі порід п'яти літологічних різновидів (1 палеоген-неогенового віку та 4 крейдового – C_{n1} , C_{n2} , C_{n3} , C_{n4} , C_{n5}), та вмістом тих самих мікроелементів у складі матричного компонента брекчій (C_n), визначається відсотковий вміст матеріалу кожного з п'яти літологічних різновидів (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5) у складі матричного компонента брекчій:

C_{n1} – вміст мікроелементу n у товщі, складеній породами літологічного різновиду 1, ppm;

V_1 – кількість речовини товщі 1 у складі матричного компонента брекчій, %;

C_n – вміст мікроелементу n у складі матричного компонента брекчій, ppm.

Ця система з п'яти рівнянь була розв'язана за допомогою алгоритму розв'язання систем рівнянь «алгоритм Леванберга-Марквардта» в системі «Mathcad».

За показниками вмісту Zn, Zr, Nb, Ga, Sr, у складі порід провідних літологічних різновидів верхньої крейди та палеоген-неогену та вмістом цих же мікроелементів у складі матричного компонента брекчій сопок грязьового вулкану Булганак, була визначена кількість матеріалу порід головних літологічних різновидів, потрібна для утворення матричного компонента брекчій сопок Андрусова та Центральне озеро. Тобто оцінена інтенсивність дренажу кореневою системою вулкану відкладів верхньої крейди та палеоген-неогену.

В формуванні матричного матеріалу брекчій досліджених сопок брали участь, переважно, глини майкопської серії, та піски й глини верхньої крейди. Щодо мергелів та вапняків, то за отриманими даними, матричний компонент брекчій їх зовсім не містив. Щодо кількісного співвідношення між пісками та глинами верхньої крейди, вміст глин незначний – перші відсотки від загальної кількості порід верхньокрейдного віку, практично весь розріз представлений пісками.

У відповідності з одержаними даними були розраховані показники внеску порід провідних

літологічних горизонтів у формуванні матричного компонента брекчій (табл. 3).

Таблиця 3.
Середній вміст (об'ємн.%) порід різних стратиграфічних комплексів у складі матричного компонента брекчій грязьових вулканів Керченського півострова

Осадові комплекси	Верхня крейда	Палеоген-неоген (майкопська серія)
сопки Андрусова	0	100
сопки Центральне озеро	21	79
грязьових вулканів регіону	46	54

Для викидів сопки Андрусова встановлено, що весь матеріал матричного компонента брекчії на 100% складений осадовими породами палеогену-неогену (глин майкопської серії). Аналогічний матеріал сопки Центральне озеро на 79 об'ємн.% складається з осадових порід палеогену-неогену та на 21 об'ємн.% – з порід верхньої крейди. Для грязьових вулканів усього регіону Керченського півострова це співвідношення становить: 54 об'ємн.% осадових порід палеогену-неогену та 46% – верхньої крейди.

Отже найбільшу участь у формуванні глинистих викидів грязьових вулканів беруть глини майкопської серії, але є можливість опускання стратиграфічного рівня мобілізації речовини, виверженої грязьовим вулканом Булганак, до рівня відкладів крейди.

Рівень мобілізації речовини кореневою системою грязьових вулканів багато дослідників оцінювали за стратиграфічною прив'язкою твердих викидів, вміст яких у складі сопкової брекчії до 2 мас.% [2]. Передбачалось, що вік найдавніших включень повинен відповідати максимальній глибині проникнення кореневої системи грязьових вулканів у осадову товщу, максимальному за глибиною рівню мобілізації осадового матеріалу. За цими даними, та за матеріалами раніше проведених досліджень, прийнято вважати, що рівень мобілізації осадового матеріалу грязьовим вулканом Булганак

не опускається нижче рівня палеоген-неогенових (міоценових) відкладів, розташованих на глибині не більше 4,5 км [6].

Але за даними про вміст Zn, Zr, Nb, Ga, Sr у складі провідних літологічних різновидів гірських порід верхньої крейди та палеоген-неогену, та результатами визначення вмісту цих же мікроелементів у складі матричного компонента брекчій сопки грязьового вулкану Булганак, передбачається опускання рівня мобілізації осадової речовини цим грязьовим вулканом до глибини понад 4,5 км – до відкладів верхньої крейди.

Опубліковані дані про середній вміст мікроелементів у складі брекчій грязьових вулканів Керченського півострова свідчать, що дренаж відкладів крейди іншими грязьовими вулканами регіону є більш інтенсивним. За особливостями складу крупних уламків осадових порід з брекчій деяких грязьових вулканів Керченського півострова, був підтверджений дренаж ними відкладів крейдового віку [3].

Висновки

1. За геохімічними особливостями викидів грязьових вулканів Керченського півострова, були встановлені стратиграфічні рівні мобілізації матричного матеріалу брекчій та кількісні показники внеску в його склад різних стратиграфічних підрозділів розрізу. Ці показники узгоджуються з сучасними уявленнями про значний кількісний внесок у склад викидів грязьовулканічного поля Булганак глин майкопської серії, та передбачають опускання рівня проникнення кореневої системи вулкану до відкладів крейдового віку.

2. Оцінена достовірність отриманих результатів та встановлено, що для подальшого використання методу визначення стратиграфічного рівня мобілізації матеріалу сопкових брекчій і кількісної оцінки внеску в їх склад різних підрозділів розрізу, необхідно використовувати більш коректні геохімічні дані про склад порід еталонних розрізів осадових комплексів, що дрениються.

3. Розроблений метод можна використати також для визначення стратиграфічного рівня мобілізації крупноуламкової фракції сопкових брекчій. Визначення стратиграфічного рівня

крупних уламків гірських порід з подальшою кількісною оцінкою внеску різних підрозділів розрізу у формування сопкових брекчії може бути хорошим доповненням до вже отриманих результатів.

Подяка. Автори висловлюють подяку С.С.Шнюкову, науковому керівнику роботи, який започаткував дослідження грязьових вулканів у Інституті геології Київського національного університету, а також В.В.Загородньому за проведення аналітичних досліджень і допомогу в обробці їх результатів.

ЛІТЕРАТУРА
REFERENCES

1. **Деяк М.А., Нестеровський В.А.** Дослідження сезонних мінералів грязьових вулканів Керченського півострова / Сучасні проблеми літології та мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій. Збірник наукових праць // Київ, 2008.– С. 121-126.

1. **Deyak M.A., Nesterovskiy V.A.** [Doslidjennya sesonnykh mineraliv gryazyovykh vulkaniv Kerchenskogo pivostrova (in Ukrainian)] Investigation of mud volcanoes season minerals of Kerch peninsula / Contemporary issues of lithology and mineralogy of sedimentary basins of Ukraine and adjacent territories. Collection of scientific papers // Kyiv, 2008.– P. 121-126.

2. **Нестеровський В.А., Тітова Н.О.** Літологічний склад твердих викидів сопки Андрусова (Булганацький грязьовий вулкан) // Геологія і корисні копалини Світового океану.– 2012.– №4.– С. 28-33.

2. **Nesterovskiy V.A., Titova N.O.** [Litologichnyi sklad tverdikh vykydiv sopky Andrusova (Bulganatskyi gryazyovyi vulkan) (in Ukrainian)] Lithological composition of solid eruption products from the Andrusov hill (Bulganak mud volcano) // Geology and mineral resources of the World ocean.– 2012.– №4.– P. 28-33.

3. **Тітова Н.О.** Літологічний склад грубоуламкових викидів грязьового вулкану Джау-

Tene // Геологія і корисні копалини Світового океану.– 2013.– №3.– С. 110-117.

3. **Titova N.O.** [Litologichnyi sklad gruboulamkovykh vykydiv gryazyovogo vulkanu Djau-Tepe (in Ukrainian)] Lithological composition of macrofragmental eruption products from mud volcano Dzhaui-Tepe // Geology and mineral resources of the World ocean.– 2013.– №3.– P. 110-117.

4. **Шнюков Е.Ф., Науменко П.И., Лебедев Ю.С. и др.** Грязевой вулканизм и рудообразование // Киев: Наукова думка, 1971.– 332 с.

4. **Shnyukov E.F., Naumenko P.I., Lebedev Yu.S., et al.** [Gryazevoy vulkanizm i rudoobrazovaniye (in Russian)] Mud volcanism and ore formation // Kiev: Naukova dumka, 1971.– 332 p.

5. **Шнюков Е.Ф., Гнатенко Г.И., Нестеровський В.А. и др.** Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона // Киев: Наукова думка, 1992.– 200 с.

5. **Shnyukov E.F., Gnatenko G.I., Nesterovskiy V.A., et al.** [Gryazevoy vulkanizm Kerchensko-Tamanskogo regiona (in Russian)] Mud volcanism of Kerch-Taman region // Kiev: Naukova dumka, 1992.– 200 p.

6. **Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А.** Газовый вулканизм Черного моря // Киев: Логос, 2013.– 384 с.

6. **Shnyukov E.F., Kobolev V.P., Pasyнков A.A.** [Gazovyi vulkanizm Chernogo morya (in Russian)] Gas volcanism of the Black Sea // Kiev: Logos, 2013.– 384 p.

7. **Шнюков Е.Ф., Иванченко В.В., Пермяков В.В.** Акцессорная минерализация сопочной брекчии грязевых вулканов Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана.– 2014.– №1.– С. 45-68.

7. **Shnyukov E.F., Ivanchenko V.V., Permyakov V.V.** [Aksessornaya mineralizatsiya sopochnoy brekchii gryazevykh vulkanov Chernogo morya (in Russian)] Accessory mineralization of hill breccia of mud volcanoes of the Black Sea // Geology and Mineral Resources of the World ocean.– 2014.– №1.– P. 45-68.

САМОЙЛОВ Д.А., ВИРШИЛО А.В. Геохімія сопкових брекчій грязьового вулкану Булганак (Керченський півострів): попередні дані та їх можлива інтерпретація.

Резюме. Визначені геохімічні особливості продуктів вивержень (сопкова брекчія) грязьового вулкану Булганак (Керченський півострів). Інтерпретація та співставлення отриманих результатів з наявними даними для осадових комплексів дозволили визначити стратиграфічний рівень мобілізації глинистого матеріалу брекчій та зробити кількісну оцінку внеску різних підрозділів розрізу в їх формування. Результати підтверджують сучасні уявлення про інтенсивність дренажу відкладів майкопу (палеогену-неогену) та передбачають проникнення та дренаж кореневою системою вулкану відкладів крейди. Результати використання методу визначення стратиграфічного рівня матеріалу за геохімічними параметрами свідчать про перспективність його подальшого застосування.

Ключові слова: Крим, Керченський півострів, грязьові вулкани, продукти виверження вулканів, петрографія, геохімія.

САМОЙЛОВ Д.А., ВИРШИЛО А.В. Геохимия сопковых брекчий грязевого вулкана Булганак (Керченский полуостров): предварительные данные и их интерпретация.

Резюме. Определены геохимические особенности продуктов извержений (сопочная брекчия) грязевого вулкана Булганак (Керченский полуостров). Интерпретация и сопоставление полученных результатов с имеющимися данными для осадочных комплексов позволили определить стратиграфический уровень мобилизации глинистого материала брекчий и сделать количественную оценку вклада разных подразделений разреза в их формирование. Результаты подтверждают современные представления об интенсивности дренирования отложений майкопа (палеогена-неогена) и предполагают проникновение и дренаж корневой системой вулкана отложенный мела. Результаты использования метода определения стратиграфического уровня материала по геохимическим параметрам свидетельствуют о перспективности его дальнейшего применения.

Ключевые слова: Крым, Керченский полуостров, грязевые вулканы, продукты извержения вулканов, петрография, геохимия.

SAMOYLOV D.A., VYRSHYLO A.V. Geochemistry of hill breccia of Bulganak mud volcano (Kerch peninsula): preliminary data and their interpretation.

Summary. Mud volcanoes are widespread and are often confined to petroliferous regions. The products of their eruptions (mud volcanic breccias) are formed from material coming from formations occurring lower of sedimentary strata and can provide information about the subsoil resources. Three components of breccias are traditionally the most informative: (1) the matrix material, (2) the macrofragmental material, (3) the fine detrital material. Evaluation of the contribution of separate parts of the section into the overall composition of the breccias is an urgent problem which has been solved repeatedly, but mainly at the qualitative level. We have tried to find a quantitative solution to this task at the example of the component (1) of breccia from Bulganak mud volcano.

The authors studied the samples material taken from the breccias coming from the Andrusov and the Central Lake hills last eruption (numbers of samples are, respectively, 75 and 25). Concentrations of major elements and large amount of microelements were determined for all samples by XRF method. Comparisons with existing geochemical data for rocks that compose the sections of the Cretaceous and Paleogene-Neogene (Maikop series) have been conducted. Qualitatively, only the data on the content of Zn, Zr, Nb, Ga, Sr were comparable. Therefore, assessment of the contribution of each of the units of the section in the breccias was performed by solving a system of five equations of the form:

$$C_{n1}V_1 + C_{n2}V_2 + C_{n3}V_3 + C_{n4}V_4 + C_{n5}V_5 = 100C_n,$$

where: C_{n1} – is n trace element content in the rock mass 1 , ppm; V_1 – amount of strata 1 substance in the component (1) of the breccia, %; C_n – the content of n trace element in the component (1) of the breccia, ppm.

These estimates of stratigraphic sequences shares were realistic (the Central Lake hill: the Upper Cretaceous 20%, the Paleogene-Neogene 80%; the Andrusov hill: Neogene-Paleogene 100%). That means that the clay of the Maikop series have the highest participation in the formation of the matrix component (1) of the volcano breccias. The results obtained allow the possibility of lowering of stratigraphic level of substance mobilization by the mud volcano Bulganak to the level of the Upper Cretaceous deposits, that is, to a depth of over 4.5 km.

More reliable data on the geochemistry of reference sections of sedimentary complexes drained by the volcano will be used when carrying out further research. The method used can also be applied to determine the stratigraphic level of mobilization of macrofragmental fraction of the breccia.

Key words: Crimea, Kerch peninsula, mud volcanoes, volcanic eruptions products, petrography, geochemistry.

*Надійшла до редакції 30 жовтня 2015 р.
Представив до публікації проф. А.А.Березовський.*