

3. *Дабаян Н. В.* Фораминиферы верхнего мела Утесовой и Мрамарошской зон Восточных Карпат: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук.— Львов, 1964.— 24 с.
4. *Дабаян Н. В.* О горизонте *Uvigerinammina jankoi* в Украинских Карпатах // Палеонт. сб.— 1978.— № 15.— С. 9—13.
5. *Маслакова Н. И.* Глоботрунканиды и их стратиграфическое значение для верхнемеловых отложений Крыма, Кавказа и Советских Карпат: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук.— М., 1967.— 40 с.
6. *Маслакова Н. И.* Строение и возраст головнинской свиты Советских Карпат // Изв. АН СССР.— 1984.— № 1.— С. 39—50.
7. *Маслун Н. В., Сельский В. К., Дистрянов В. М. и др.* Стратиграфическая характеристика мел-палеогеновых отложений первой сверхглубокой скважины в Карпатах 1-Шевченково // Тектоника и стратиграфия.— 1980.— № 3.— С. 72—83.
8. *Geroch S.* *Uvigerinammina jankoi* Majzon (Foraminifera) we fliszu Karpat // Roczn. Polsk. Tow. Geol.— 1957.— Vcl. 25, N 3.— S. 231—244.
9. *Geroch S., Nowak W.* Proposal of zonation for the late Tithonian — Late Eocene, based upon Aegaeous Foraminifera from the Outer Carpathians Poland // Benthos 83, Symp. int. foram. bent.— Pau, Bordeaux.— 1984.— P. 225—239.
10. *Jon J.* Microbiostratigraphie des dépôts crétacés de la Nappe du flysch curbicortical (Carpathes, Orientales, Roumanie) // Roczn. Polsk. Tow. Geol.— 1978.— N 2.— P. 263—279.
11. *Morgiel J., Olszewska B.* Biostratigraphy of the Polish External Carpathians based on agglutinated foraminifera // Micropaleontology.— 1981.— Vol. 27, N 1.— P. 1—31.
12. *Morgiel J., Olszewska B.* Analogie w rozwoju fauny otwornicowej Rifu marokanskiego i Polskich Karpat Zewnętrznych (fliszowych) // Kwart. geol.— 1981.— N 2.— S. 351—358.

Льв. ун-т, Львов
Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых
АН УССР, Львов

Статья поступила
05.06.89

Резюме

Розглянуто основні закономірності розподілу дрібних форамініфер у верхньокрейдовому розрізі флішевої частини Українських Карпат. Виділено біостратиграфічні корелятивні одиниці в ранзі верств у такій послідовності: верстви з *Thalmaninella appenninica* та *Th. deecke* (сеноман); верстви з *Globotruncana angusticarinata* (коньяк); верстви з *Globotruncana concavata* (сантон); верстви з *Globotruncana arca* та *Goesella carpathica* (кампан); верстви з *Globotruncanita atuarti* та *Pseudotextularia varians* (маастрихт).

Summary

Main regularities of the distribution of fine foraminiferas in the Upper Cretaceous column of flysch part of the Ukrainian Carpathians have been considered. Biostratigraphical correlative units in ranks of layers have been singled out in the following succession: the layers with *Thalmaninella appenninica* and *Thalmaninella deecke* (Cenomanian); the layers with *Praeglobotruncana lapparenti* and *Praeglobotruncana stephani* (Turonian); the layers with *Globotruncana angusticarinata* (Coniacian); the layers with *Globotruncana concavata* (Santonian); the layers with *Globotruncana arca* and *Goesella carpathica* (Campanian); the layers with *Globotruncanita stuarti* and *Pseudotextularia varians* (Maastrichtian).

УДК 550.9.93:551.3.053

Н. Н. Новик

О возможности определения возраста речных террас по мощности выветрелого слоя в гальках аллювия

Предлагается математическая модель процесса выветривания в гальках аллювия, на основании которой рассчитана зависимость для определения времени формирования выветрелого слоя в гальках среднерзностных песчаников и андезито-базальтов крымских

© Н. Н. НОВИК, 1990

террас. В качестве примера приводится возраст аллювиальных отложений различных террасовых уровней р. Альма, определенный по мощности выветрелого слоя в гальках.

Анализ взаимоотношения и положения террасовых уровней в современном рельефе горных районов является одним из основных методов неотектонических реконструкций. В связи с этим решающее значение приобретает не только идентификация террасовых уровней, но и достаточно точное определение их возраста. Заслуживает внимания возможность определения возраста речных террас в неизотопном летоисчислении по мощности выветрелого слоя в гальках и валунах некоторых осадочных, метаморфических и магматических пород, присутствующих в аллювиальных отложениях. Выветрелый, внешний слой гальки при этом фиксируется в виде каймы бурого цвета различной интенсивности, имеющей достаточно четкую границу с невыветрелой, внутренней частью гальки.

Галька с выветрелой каймой, хорошо различимой визуально, в аллювиальных осадках различных террасовых уровней крымских рек чаще всего представлена мелко-среднезернистым песчаником из флишевых отложений таврической серии, реже — среднеюрскими изверженными породами. Песчаники преимущественно кварц-полевошпатовые или граувакковые, содержащие в подчиненных количествах биотит, амфиболы, акцессорные минералы. Цемент поровый, коррозионный, глинисто-хлоритовый с монтмориллонитом, иногда карбонатный. В прозрачных шлифах под микроскопом выветрелая кайма в таких песчаниках отличается повышенной пористостью (из-за частичного выноса цемента), миграцией кальцита (в одних шлифах — растворение, в других — проникновение кальцита в породу, замещение им плагиоклаза и слюды). В выветрелой кайме характерным является осветление монтмориллонита и хлорита, переход биотита в гидромусковит, каолинизация плагиоклаза. Пирит частично выщелачивается с образованием пустот или же замещается гидрооксидами железа. В гальке изверженных пород, представленных палеотипными андезито-базальтами, изменения в кайме выражены пелитизацией плагиоклаза и переходом магнетита в гидрооксиды железа. Таким образом, сущность происхождения в выветрелой кайме изменений сводится к процессам выщелачивания, гидратации и окисления (прежде всего, к переходу двухвалентного железа в трехвалентное).

Надо полагать, что такой выветрелый слой в гальках формируется только в условиях отсутствия переноса, в противном случае он будет легко стираться. Это и позволяет оценивать возраст террас по мощности выветрелого слоя в гальках с момента прекращения их переноса. Вероятной является также возможность определения возраста молодой тектонической трещиноватости в коренных породах по мощности выветрелого слоя в стенках трещин, но этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

В обобщающей работе З. Кукала [2] приведен подробный анализ многочисленных исследований скорости выветривания горных пород, известных из мировой практики, среди которых особого внимания заслуживают работы чешских исследователей И. Черногуза и И. Шольца, предложивших для базальтовых валунов следующую эмпирическую зависимость:

$$H = A \lg(1 + Bt), \quad (1)$$

где H — мощность выветрелого слоя, мм (обозначение наше), A и B — эмпирические коэффициенты, t — возраст, тыс. лет. Можно показать, что такая зависимость действительна, когда изменение скорости выветривания v в зависимости от изменения мощности выветрелого слоя H , который играет роль защитного покрытия, пропорционально самой скорости процесса, т. е.:

$$\gamma \frac{dv}{dH} = -v, \quad (2)$$

где γ — коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств породы и имеющий размерность длины. Полагая, что при $H=0$ и $v=v_0$, из выражения (2) определяем:

$$v = v_0 e^{-\frac{H}{\gamma}}, \quad (3)$$

где v_0 — начальная скорость выветривания. Представив скорость выветривания как производную от мощности выветрелого слоя по времени, получим:

$$\frac{dH}{dt} = v_0 e^{-\frac{H}{\gamma}}. \quad (4)$$

При начальных условиях $H=0$, $t=0$ уравнение (4) имеет решение:

$$t = \frac{\gamma}{v_0} (e^{\frac{H}{\gamma}} - 1), \quad (5)$$

или

$$H = \gamma \ln \left(1 + \frac{v_0}{\gamma} t \right). \quad (6)$$

Заменой постоянных и переходом к десятичным логарифмам выражение (6) легко преобразуется в зависимость (1), предложенную И. Черногузом и И. Шольцем.

Из выражений (3, 4) видно, что при бесконечном возрастании мощности выветрелого слоя скорость выветривания будет стремиться к нулю. Однако приведенные выше зависимости в значительной степени идеализируют процесс выветривания. В реальной ситуации этот процесс более сложен. С одной стороны, увеличение мощности выветрелого слоя замедляет процесс выветривания, а с другой — процессы выщелачивания постоянно увеличивают проницаемость породы и тем самым ускоряют процесс выветривания. Таким образом, реально ожидать, что скорость выветривания при увеличении выветрелого слоя стремится не к нулю, а к некоторой постоянной величине. Такой процесс может быть описан уравнением:

$$\frac{dv}{dH} = -\frac{v}{\gamma} + \alpha, \quad (7)$$

где α — некоторая константа, имеющая размерность, обратную времени. При тех же начальных условиях $H=0$, $v=v_0$, из уравнения (7) получим выражение для скорости выветривания:

$$v = \frac{dH}{dt} = \gamma \alpha \left(1 - e^{-\frac{H}{\gamma}} \right) + v_0 e^{-\frac{H}{\gamma}}. \quad (8)$$

Решив дифференциальное уравнение (8) при начальных условиях $H=0$, $t=0$, получаем выражение для времени выветривания слоя мощностью H :

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{\gamma \alpha}{v_0} \left(e^{\frac{H}{\gamma}} - 1 \right) + 1 \right]. \quad (9)$$

Анализируя выражения (5) и (9), легко доказать, что при малых значениях H они практически равнозначны. Однако уже при значениях H в несколько миллиметров выражение (5) не может использоваться для определения времени выветривания и определения возраста аллювиальных отложений, так как полученные значения могут оказаться вне всяких разумных пределов.

О реальной скорости выветривания среднезернистых песчаников и андезито-базальтов в Крыму на протяжении четвертичного времени можно судить по изменениям мощности выветрелого слоя, измеренного в сколах галек аллювиальных террас р. Альма, приведенных в таблице.

Измерения выветрелого слоя в гальках выполнены при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки с точностью $\pm (0,1 \dots 0,05)$ мм. В одном обнажении обычно производилось не менее 10—15 замеров, а при достаточном количестве однотипных в петрографическом отношении галек — до 30—40 замеров. Чтобы исключить возможность замеров выветрелого слоя, являющегося реликтовым для галек данного террасового уровня, измеряли только те гальки, где мощность этого слоя выдержана по всему периметру скола.

По выполненным в обнажении замерам, относящимся к определенному горизонту аллювия, вычислялось среднее значение мощности выветрелого слоя в гальках однотипного состава с точностью до $\pm 0,01$ мм. Стандартное отклонение измерений от среднего σ при этом в различных обнажениях составило $\pm (0,08 \dots 0,23)$ мм, а особенность распределения значений мощности выветрелого слоя в гальках для всех террасовых уровней оказалась такой, что интервал $\bar{N} - 2\sigma$ и $\bar{N} + 2\sigma$ включает практически все 100 % замеров. Отмечается некоторое увеличение дисперсии с ростом возраста аллювиальных отложений.

Воспроизводимость результатов определения мощности выветрелого слоя в гальках одного и того же аллювиального горизонта данного террасового уровня достаточно высокая. Различия в определениях, выполненных в нескольких обнажениях среднего и нижнего течения р. Альма, при этом не превышали 0,1—0,2 мм. Для галек песчаников, отобранных из террас р. Ускут (пос. Приветное), получены значения выветрелого слоя, аналогичные таковым из альминских террас того же возраста. В таблице приведены предельные значения мощности выветрелого слоя в гальках данного террасового уровня р. Альма с учетом положения опробуемого аллювиального горизонта в разрезе террасы.

Геоморфологический анализ положения речных террас Крыма, изучение особенностей их разрезов с оценкой палеоклиматических условий их формирования и выделением «холодных» и «теплых» горизонтов аллювия позволяют провести сопоставление аллювиальных горизонтов соответствующих террасовых уровней с определенными горизонтами стратиграфической шкалы плейстоцена Европейской части СССР [4], основанной на палеоклиматическом принципе. Для определения констант в уравнении (9) в качестве опорных нами приняты: 1) граница голоцена и плейстоцена, фиксируемая кровлей галечников I надпойменной (садовой) террасы, перекрываемых голоценовой почвой, с возрастом 10 тыс. лет; 2) граница калининского оледенения и микулинского межледниковья, отмечаемая по подошве «холодного» аллювия IV надпойменной (судакской) террасы с возрастом 80 тыс. лет; 3) граница одицовского межледниковья и днепровского оледенения, фиксируемая подошвой «теплого» аллювия V надпойменной (манджильской) террасы, с возрастом 240 тыс. лет. Выбранные нами террасовые уровни в качестве опорных для определения констант в уравнении (9) достаточно известны по литературным и другим источникам [1, 3], хотя их нумерация, приведенная нами, отличается от ранее установленной за счет террас, закартированных дополнительно. Разрезы садовой, судакской и манджильской террас в Крыму наиболее полны, они хорошо сохранились, характеризуются длительностью формирования и состоят обычно из «теплого» и «холодного» горизонтов аллювия, которые легко диагностируются по ряду признаков. Так, «холодные» горизонты аллювия названных террас в направлении склонов долин замещаются покровными лессовидными суглинками, являющимися заведомо «холодными» образованиями, «теплые» горизонты имеют почвенные аналоги, часто содержат карбонатный цемент с переходом в конгломераты. Такие конгломератовые горизонты аллювия особенно развиты в судакских террасах. Отнесение к «теплым» или «холодным» горизонтам аллювиальных отложений представляется возможным также на основании соотношений их с образованиями морских террас и других признаков.

Возраст аллювия и мощность выветрелого слоя в гальках среднернстых песчаников и андезито-базальтов различных террасовых уровней р. Альма (Крым)

Изотопный возраст, тыс. лет	Общая стратиграфическая шкала	Стратиграфический горизонт европейской части СССР, по К. В. Никифоровой [4]	Терраса р. Альма и ее относительная высота (м) у внешней гряды Крымских гор	Мощность (мм) выветрелого слоя в гальках		Возраст аллювия (тыс. лет), определенный по мощности выветрелого слоя в гальках		
				андезитобазальтов	среднернстых песчаников			
10	Голоцен		Эрозионный врез					
			Высокая пойма (1—2)	0,84	0,52	6,0		
			Эрозионный врез					
80	Верхний	Осташковский*	I, садовая** (2—4)	1,08	0,72	10,7—10,6		
			Эрозионный врез					
		Моголо-шекснинский	II (5—7)		1,19	31,9		
			Эрозионный врез					
		Калининский*	III (15—25)		1,34 1,43	43,6 52,3		
			Эрозионный врез					
		Микулинский	IV, судакская** (35—45)	2,06	1,50 1,64	60 82—78		
			Эрозионный врез					
		240	Средний	Московский*	V, манджильская** (55—75)	2,42	2,03 2,24 2,34	151—153 209 240
					Эрозионный врез			
400	Средний	Днепровский*	Эрозионный врез					
			VI (100—110) (низкие «столы» у с. Приятное свидание)		2,59	327		
			Эрозионный врез					
690	Нижний	Окский*	VII, булганакская** (120—130) (высокие «столы» у с. Приятное свидание)		2,95	473		
			Эрозионный врез					
		Колкотовский Платовский*	Эрозионный врез					
			VIII, кизилджарская** (170—180)	3,87	3,43 4,32	694—692 1126		
Эоплейстоцен		Скифский надгоризонт	Эрозионный врез (существенный в пределах главной гряды Крымских гор)					

* — «холодный» горизонт; ** — общеизвестные террасы крымских рек [1, 3 и др.].

При мощности выветрелого слоя H , мм время его образования — t , тыс. лет (и, равным образом, возраст аллювиальных отложений) в условиях Крыма могут быть определены из уравнения (9) при следующих значениях констант, которые подобраны графоаналитическим способом:

для среднезернистых песчаников: $v_0 = 0,156$ мм/тыс. лет, $\gamma = 0,476$ мм, $\alpha = 0,00420 \cdot \frac{1}{\text{тыс. лет}}$;

для андезито-базальтов: $v_0 = 0,394$ мм/тыс. лет, $\gamma = 0,463$ мм, $\alpha = 0,00458 \cdot \frac{1}{\text{тыс. лет}}$.

В таблице приведены значения возраста аллювиальных отложений различных террасовых уровней р. Альма, рассчитанные по мощности выветрелого слоя в гальках среднезернистых песчаников и андезито-базальтов. Естественно, что к таким определениям возраста террасовых отложений следует относиться, как к вероятным или ориентировочным, так как при подборе постоянных в уравнении (9) использованы достаточно условные значения изотопного возраста аллювиальных горизонтов, принятых в качестве опорных. В дальнейшем не исключается возможность уточнения констант в предлагаемой математической модели, описывающей формирование выветрелого слоя в гальке, на основании определения возраста аллювиальных террас Крыма другими альтернативными методами. Само собой разумеется, что в различных регионах определение констант предлагаемой математической модели должно быть индивидуальным в каждом конкретном случае по всем изучаемым литологическим разновидностям.

1. Бабак В. И. Стратиграфия новейших континентальных отложений и основные черты неотектоники Крыма // Материалы Всесоюз. совещ. по изучению четвертич. периода (Москва, 1957 г.).— М.: Изд-во АН СССР, 1961.— Т. 2.— С. 358—366.
2. Кукал З. Скорость геологических процессов.— М.: Мир, 1987.— С. 62—70.
3. Муратов И. В. Континентальные четвертичные отложения Крыма, их соотношение с морскими террасами и возраст // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода.— М.: Наука, 1967.— № 33.— С. 57—76.
4. Никифорова К. В. Общая стратиграфическая шкала верхнеплиоценовых и четвертичных (антропогенных) отложений на территории СССР // Стратиграфия СССР. Четвертичная система.— М.: Недра, 1982.— П/т. 1.— С. 120—129.

Отдел сейсмологии Ин-та геофизики
АН УССР, Симферополь

Статья поступила
25.07.89

Резюме

Пропонується математична модель процесу вивітрювання у гальках алювію, на основі якої обчислено залежність для визначення часу формування вивітрілого шару в гальках середньозернистих пісковиків та андезито-базальтів кримських терас. Для прикладу наводиться вік алювіальних відкладів різних терасових рівнів р. Альма, визначений за потужністю вивітрілого шару в гальках.

Summary

A mathematical model of the weathering process on the alluvium rubbles is suggested. As based on this model a dependence is presented to determine the time of the weathered layer formation in rubbles of the mid-grained sandstones and basaltic andesites of the Crimean terraces. The age of the alluvial deposits at different terrace levels of the Alma river as dependent on the thickness of the weathered layer in rubbles is exemplified.