

УДК 549.742:553.981(262.5)

Исследования следов выщелачивания в известняках континентального склона Крыма

И.Н. Шураев

Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования» НАН Украины, Киев, Украина, igorshuraev@mail.ru

Изучение континентального склона Крыма неразрывно связано с корреляцией аналогичных процессов на суше в пределах Горного Крыма, так как эти части являются противоположными крыльями одного антиклинория. В Крыму исследования выщелачивания известняков были приурочены к районам распространения карстовых процессов. Однако выщелачивание карбонатных пород также может происходить в периоды сильных перемывов, например, такие как на границе юры – мела. Такие формы выветривания были встречены в Горном Крыму и на континентальном склоне Крыма. Следы выщелачивания, в образцах поднятые драгированием научно-исследовательскими рейсами, достаточно распространённое явление для юрских, меловых и неогеновых известковых пород, в том числе и для твёрдых выбросов грязевых вулканов. На примере изучения выщелоченных известняков, поднятых в 59-ом рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» на континентальном склоне Крыма, путём изучения горных пород морского дна и корреляции результатов с процессами, произошедшими на суше, вполне возможно приблизиться к разгадке данных явлений в глубоководной составной Чёрного моря.

Ключевые слова: выщелачивание, континентальный склон, известняки, 59-й рейс НИС «Профессор Водяницкий»

Research leach traces in limestone of the continental slope of Crimea

I. Shuraiev

State Scientific Institution “Department of Marine Geology and Sedimentary Ore Formation» NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, igorshuraev@mail.ru

The paper is about the leaching process. Processes are common in almost all calcareous rocks of Crimea. They meet in the First ridge of the Crimean Mountains in the Neogene and Paleogene rocks, as well as in the Jurassic limestone of the Main ridge of Crimean mountains. A large number of geological and tourist sites associated with chemical weathering process, named in honor of the Slovenian Karst. Among the typical karst plateau consists of a large number of fascinating caves to a depth of 500 m. As well as smaller form. They are distributed in almost all types of limestones of the Crimean peninsula. However, not all forms of leaching have classic karst origin. Particularly interesting findings with clear signs of leaching on the seabed, raised in several expeditions OMGOR NAS of Ukraine when working on the Crimean continental slope, at the latitude of Cape Foros. About weathering Mesozoic rocks of the seabed of the Black Sea is known very little. Only in the Yu.G. Balandin and V.I. Miller describes the properties of the weathering crust Jurassic shale strata shelf southern coast. On the continental slope Crimea leached rocks were first raised in the 80s geological expeditions Department of Marine Geology and Sedimentary Ore (OMGOR). In the works of Ye.F. Shnyukov, Yu.Yu. Orovetskiy dense limestone with spongy voids leaching dated lower chalk have been described. In subsequent flights OMGOR NAS of Ukraine repeatedly met limestones, mudstones, travertine with different forms of weathering, including emissions of solid mud volcanoes. Forms of weathering in the Crimean Mountains, besides the classic speleogenetically genesis, can be formed at the contact of limestone strata of the Upper Jurassic to the lower chalk. These boundaries are observed traces of erosion and karst phenomena. This indicates the presence of a significant erosion between the Jurassic and Cretaceous. The Upper Jurassic limestone rocks spread from the border plateau Karaby-Yayla to Cape Fiolent. Rocks presented thin-layered clean and brecciated limestones. Studies have shown that the geological history of the Crimean Mountains and the deep-sea basin of the Black Sea have the same course of the processes. The test is a limestone facies Shallow Upper Jurassic age, and have been leaching at rewashing on the border of the Jurassic and Cretaceous. The limestone fissures silicification was formed as a result of the activity of living organisms. As a result, silica katagenesis finally formed in the quartz in the Upper Cretaceous. Column was down to great depths, and is a component of the continental slope in the present form. Most likely, fragments of limestone have been omitted hypsometrically lower levels on the occurrence of Cretaceous strata, as a result of neotectonic and landslides.

Keywords: leaching, continental slope, limestone, Crimea.

Введение. Различные формы выщелачивания распространены практически на всех известковых породах Крыма. Они встречаются в куэстовой части в неогено-палеогеновых породах, а также в юрских известняках Главной гряды Крымских гор. Большое количество геологических и туристических памятников связано с химическим процессом выветривания, названным в честь словенского плато Карст. В число характерных карстовых форм входят плоскогорья с большим количеством завораживающих пещер глубиной до 500 м, а также более мелкие формы (трещины, поноры). Они практически повсеместно распространены в известняках полуострова. Однако не все формы выщелачивания имеют классическое карстовое происхождение. Особенно интересны находки с явными следами выщелачивания на морском дне, поднятые в нескольких экспедициях Государственного научного учреждения «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования» НАН Украины при работах на Крымском континентальном склоне, на широте мыса Форос.

Цель работы – выяснить механизмы образования форм выветривания на известняках коренного залегания дна Чёрного моря.

Анализ публикаций. Первые исследования выщелачивания в Крыму в XVIII – начале XX века имели своей теоретической основой высказывания М. В. Ломоносова о сущности карстового процесса. Академические участники экспедиций Н. П. Рычков, И. И. Лепехин, П. С. Паллас, И. П. Фальк, И. А. Гильденштедт описали ряд карстовых районов и пещер России, Крыма и Кавказа. Изучение карста в XX веке приводилось в течение ряда лет сотрудниками Крымского института минеральных ресурсов и Московского государственного университета С. А. Ковалевским, Н. В. Леончевой, Т. И. Устиновой, А. А. Крубером и др. При этом была подробно изучена геоморфология и тектоническая структура карстовых плато и гор Караби, Демерджи, Бабуган и Чатырдаг. В это же время исследованиями Б. Н. Иванова, В. М. Дублянско-го, А.Б. Климчука и других было открыто и изучено огромное количество карстовых полостей Крыма (Bakhrushev, Amelichev, 2008; Dublyanskiy, Vakhrushev, 1997; “Geology of USSR”, 1969).

В работах М. В. Муратова подробно описаны толщи, в которых формируются карстовые полости, а также неоднократно упоминались следы выветривания в местах сильных перемылов. Такие следы могут выглядеть как выщелачивание (“Geology of USSR”, 1969; Muratov, 1960).

О выветривании мезозойских пород морского дна Чёрного моря гораздо меньше сведений, чем на суше. Только в работе Ю. Г. Баландина и В. И. Мельника описаны свойства коры выветривания юрской сланцевой толщи шельфа Южного берега Крыма (Shnyukov, 1985).

На континентальном склоне Крыма выщелоченные породы впервые были подняты в 1980-х гг. геологическими экспедициями Государственного научного учреждения «Отделения морской геологии и осадочного рудообразования» на научно-исследовательских судах «Михаил Ломоносов» (1989) и «Академик Вернадский» (1988). В работах Е. Ф. Шнюкова, Ю. Ю. Оровецкого описаны плотные известняки с ноздреватыми пустотами выщелачивания, датированные нижним мелом. В последующих рейсах ГНУ «Отделения морской геологии и осадочного рудообразования» НАН Украины неоднократно встречались известняки, аргиллиты, травертины с различными формами выветривания, в том числе и твёрдые выбросы грязевых вулканов (Orovetskiy, 1992; Shnyukov, 2004).

Материалы и методика исследования.

Материалом исследования служат известняки со следами выщелачивания, поднятые с морского дна драгированием 59-го экспедиционного рейса научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» (2003) (Shnyukov, 2004).

При первичном осмотре в лаборатории была учтена специфика изучаемого образца и проведена подготовка для дальнейших исследований. Образец был распилен, вырезана пластина толщиной 10 мм. Пластина разделена на несколько полос (штуфов) для дальнейших комплексных геохимических анализов.

Выполнены спектральный, общий изотопный кислород-углеродный анализ; палеонтологическое изучение фораминифер проведено Л. В. Ступиной. Изготовлены и описаны три шлифа. Выделена и описана под биноклем терригенная составляющая изучаемого образца.

В связи со спецификой изучаемого образца выполнены комплексные исследования изотопов кислорода-углерода в Институте Инсбрука аналитиком Ю. В. Дублянским. Результаты исследования сопоставлялись с литературными источниками (Klimchuk, Timokhina, 2013; Muratov, 1960; Shnyukov, 1984; Shnyukov, 1985).

Результаты и обсуждение. Среди поднятого драгированием материала 59-го экспедиционного рейса научно-исследовательского судна «Профес-

сор Водяницкий» на одной из точек на Форосском участке континентального склона с глубины 1 063 м был поднят образец известняка светло-серого, плотного, брекчиевидного с явными признаками выщелачивания (рис. 1) (Shnyukov, 2004).

Образец 5745 при распиливании имеет тёмно-цветную прослойку, которая плотнее вмещающей породы. По остаткам остракод, пластин и иглам морских ежей и фораминифер (*Thramanniella appenninica* (Reuss), *Nodosauria obscura* (Reuss),



Рис. 1. Общий вид образца известняка точки 5745

Dorothia oxycona (Reuss), *Heterohelix cenomanica* (Agal.), *Eponides chalilovi* (Djaff.), *Nodosaria tubitera* (Reuss) *Rugoglobigerina holzli* (Hagn.) в примазках определён Л. В. Ступиной как нижне-меловой (альб-сеноманский), в самом известняке фаунистических остатков не обнаружено.

Исследование содержания изотопов кислорода и углерода дало пониженное содержание C^{13} (+1,38 PDB) и повышенное O^{18} (32,72 SMOW), что вероятно свидетельствует об изменении в структуре известняка. Можно предположить, что это изменение вызвано выщелачиванием (Sobotovich, Bondarenko, 1983).

Для выяснения вопроса об происхождении выщелоченных пустот, с образцом ознакомился карстолог доктор геологических наук. А. Б. Климчук. Выяснилось, что следы выветривания похожи на формы проявления гипогенного карста. Сотово-ячеистые формы, составляющие характерные поверхности (зоны), широко распространены в

обрывах известняков Предгорного Крыма, а также местами в обрывах меловых известняков северных склонов Главной гряды. Формируются данные поверхности в пристеночной зоне гипогенных карстовых полостей (Klimchuk, Timokhina, 2013).

Исследуемый образец можно разделить на три части. Первая часть подвержена выщелачиванию, вторая представляет собой темноцветную прослойку, представлена кремнем, и третья – не подверженная выщелачиванию, и менее брекчиеванная (рис. 2).

Химический состав выщелоченной части (в граммах на тонну): Mn – 2000, Ni – 50, Ti – 200, V – 30, Cr – 10, Mo – 2, Zr – 30, Cu – 50, Pb – 20, Y – 20, Yb – 2, Li – 20, P – 500; кварцевой прослойки: Mn – 2000, Ni – 8, Ti – 80, V – 10, Cr – 2, Mo – 1, Zr – 10, Cu – 20, Pb – 2, Y – 30, Yb – 2; состав не выщелоченной части: Mn – 100, Ni – 8, Ti – 80, V – 10, Cr – 3, Mo – 1, Zr – 20, Cu – 80, Pb – 20, Y – 20, Yb – 4, Ba – 400, Li – 10.

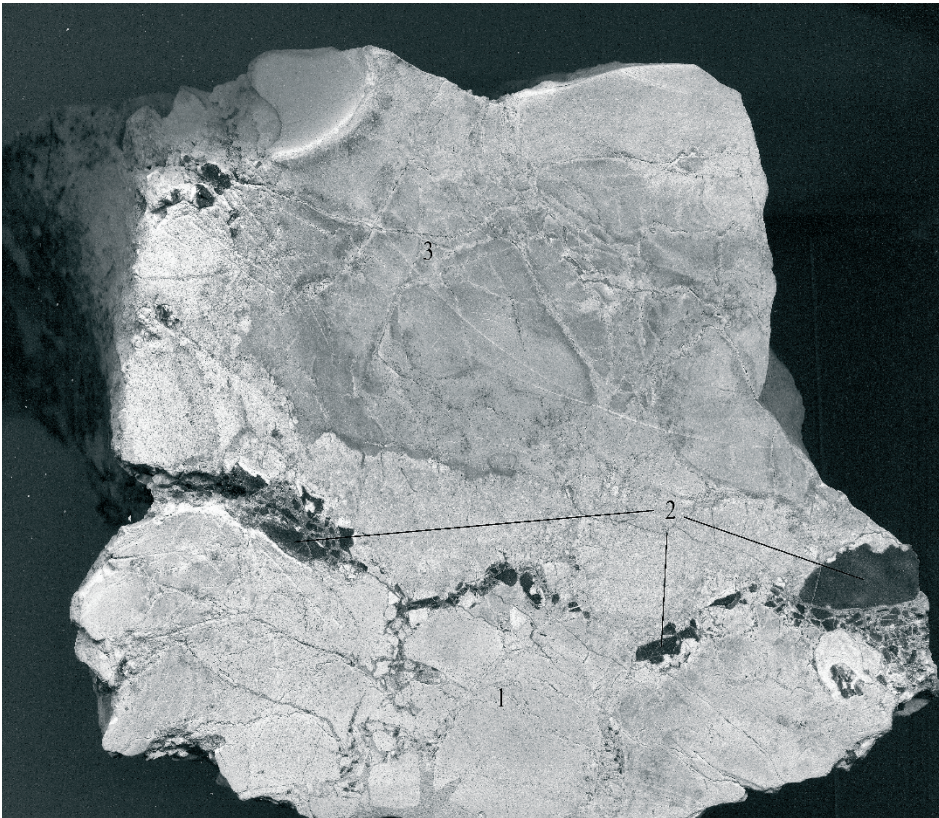


Рис. 2. Образец в поперечном распиле, пришлифованный.

1 – незакарстованная часть;
2 – тёмноцветная прослойка;
3 – часть со следами выщелачивания

Терригенный материал закарстованной части представлен кварцем, гранатом, фосфатами, пирит-марказитом, ильменитом, для тёмноцветной прослойки - кварцем, гранатами, пирит-марказитом, не выщелоченная часть – кварцем, обломками пирита, ильменитом и гранатами.

В шлифе тёмноцветная прослойка определена как кремнение в трещине известняка. Такие кремнённые участки характерны для верхнемеловых пород. Кремнезём поступал в трещину известняка биогенным путём в виде опаловых скелетных остатков организмов, которые в значительном количестве обитали в позднемеловом море. После их отмирания и захоронения в карбонатном осадке кремнезём замещал карбонат кальция, образуя кремнённые участки, позднее в результате катагенеза кремнезём был полностью перекристаллизован в кварц (Shnyukov, 1984).

Ранее подобные породы были описаны в работах Е. Ф. Шнюкова и Ю. Ю. Оровецкого и датированные, по литературным данным, как нижнемеловые, светло-серые до белых, крепкие и очень крепкие, плотные, реже ноздреватые с пустотами выщелачивания, заполненные натечными формами, щеточками кальцита. Содержание CaCO_3 колеблется в пределах 76 – 96 %; понижение содержания CaCO_3 связано с присутствием в известняках глинистого материала (участками до 10 %).

Структура органогенная, реже обломочно-органогенная крипто- и микрозернистая, очень редко отмечается алевролитовая с реликтами органогенной и элементами оолитовой. Основная масса в виде микро- и криптозернистых агрегатов и зерен неправильной формы кальцита (0,02 – 0,47 мм). Содержание обломочных зерен угловатого кварца (до 10 %), плагиоклаза (5 – 7 %) и гидроксидов железа (около 2 %). Органические остатки – округлые, стеблевидные, призматические и V-образные, размером от 0,02 до 1,3 мм (Orovetskiy, 1992).

Для подтверждения гипогенно-спелеогенетической гипотезы образования сотово-ячеистых форм выщелачивания (так называемые тафони) образец был отправлен в Институт Инсбрука аналитику Ю. В. Дублянскому. По результатам исследования превышения PDB для кислорода и углерода соответствуют морским осадкам и имеют превышения по сравнению со стандартом. Пики, дающие возможность предположить образование гипогенных форм, не выявлены, пики на графике содержания изотопов не имеют систематического характера и связаны с трещинами в породе. В результате мы не можем классифицировать процесс образования карстовых форм как гипогенный карст.

Однако подобные формы выветривания могут иметь и другой генезис. М. В. Муратов в Горном

Крымю описал контакт известковых толщ верхней юры с нижним мелом как переход, в котором наблюдаются следы эрозии, карстовые явления и глыбовые конгломераты, указывающие на наличие значительного размыва между юрой и мелом. В работах М. В. Муратова также была выделена толща кимеридж-титонских известковых пород, которая в пределах верхней юры распространена от границы плато Караби – Яйла до мыса Фиолент и представлена тонкослоистыми, слоистыми чистыми и брекчиевидными известняками. Аптские глины с размывом налегают на титонские известняки в районе Балаклавы и долины р. Чёрная (Muratov, 1960).

Так как Крымский антиклинорий продолжается на континентальный склон, вполне вероятно,

что такие мощные толщи известняков распространены на противоположном крыле антиклизы.

Выводы. Исследования привели к выводу, что истории образования Горного Крыма и глубоководной впадины Чёрного моря имеют практически одинаковый ход процессов. Геологическая карта, которая основана на материале Промышленного регионального геологического предприятия «Причерноморгеология» и на работах по континентальному склону Чёрного моря Государственного научного учреждения «Отделение морской геологии и осадочного рудообразования» НАН Украины, позволяет рассмотреть изучаемый образец в системе процессов с Горным Крымом (рис. 3) (Zvit prichernomor DRGP, 2006; Inozemtsev, Ivannikov, 1999).

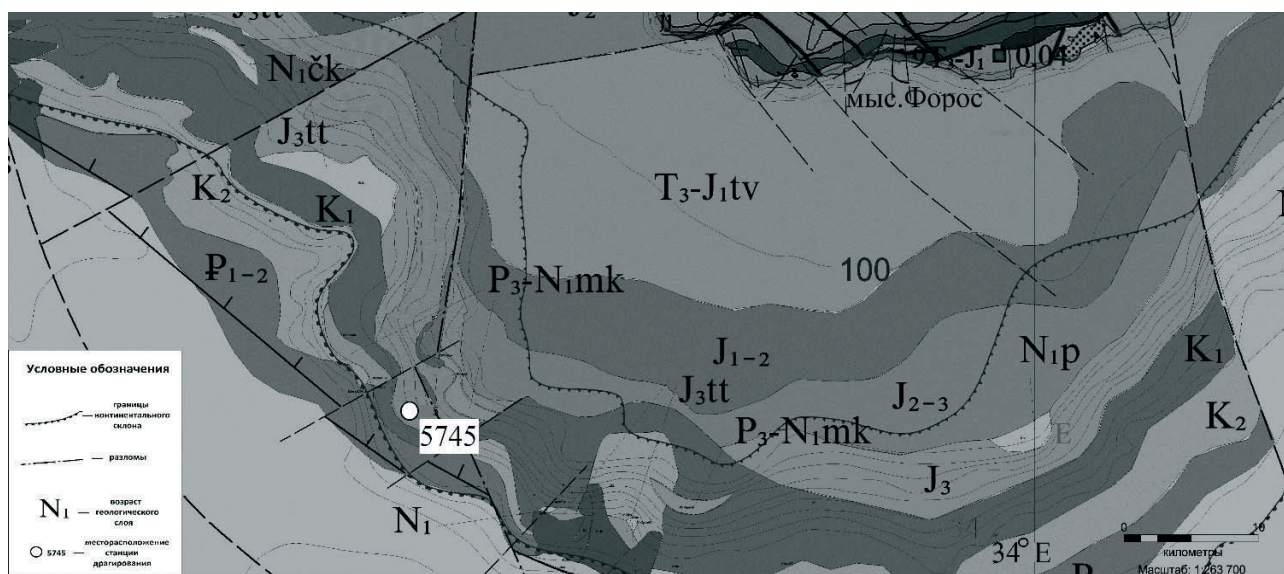


Рис. 3. Фрагмент геологической карты континентального склона Крыма (в районе Форосского выступа) с месторасположением точки поднятия известняка (5745) и геологической обстановкой района исследований

По результатам исследования можно предположить, что толща известняков представляет собой малоглубинные фации верхнеюрского возраста (кимеридж-титон), известняки прошли стадию выщелачивания при перемыве на границе юры и мела. В трещинах известняка было образовано окремнение в результате активности живых организмов, в результате катагенеза кремнезём окончательно сформировался в кварц в верхнем мелу. Толща была опущена на большие глубины и является одной из составляющей континентального склона в современном виде. Вероятнее всего, обломки известняков были опущены гипсометрически ниже, на уровни залегания меловых толщ, в

результате неотектонических и оползневых процессов.

Библиографические ссылки

- Bakhrushev B. A., Amelichev G. N., Dublyanskiy V. N., 2008. Otechestvennaya nauka v izuchenii karsta Kryma i Kavkaza [Domestic science in the study of the karst of the Crimea and the Caucasus] Problems of material culture and Geographical science. Moscow, 146 - 153. (in Russian).
- Geologiya zony trassy optiko-volokonnoy svyazi Sevastopol - o. Zmeinyy - Zatoka (59 reys NIS «Professor Vodyanitskiy»), 2004 [The Geology of the area of the route fiber-optic communication Sevastopol - Zmeinyy island - Zatoka. (59

- flight R/ V «Professor Vodyanitskii»), 2004] Chief. red.: Shnyukov Ye.F., Kiev: DMGOS NAS Ukrainy (in Russian).
- “Geologiya SSSR” Tom 8. Krym. Chast 1. 1969. Geologicheskoe opisanie [Geology of the USSR. Volume 8. Crimea. Part 1. Geological description]. – Moskow : Nedra, 146. (in Russian).
- Dublyanskiy V. N., Vakhrushev B. A. and others. 1997. Krupnye karstovye polosti SSSR. T.II [Large karst cavities of USSR. Large karst cavities of USSR. V II.] Crimean speleological province. Chief. dep. v VINIT I 18.02.87, No1111-V87. - Simferopol. (in Russian).
- Zvit pro vikonannya tematicnikh robot «Vivchennya osoblivostey glibinnoi geologichnoi budovi Pivnichnochornomorskoï kontinentalnoi okraïni» [A report on the implementation of the thematic work «the Study of the characteristics of deep geological structure of the Northern Black sea continental margin»]. MGGYe Prichornomor DRGP. 2006. Odesa. (in Ukrainian).
- Inozemtsev Yu.I., Ivannikov A.V., Maslakov N.A. and others. 1999. Stratigraficheskie issledovaniya shelfa i kontinentalnogo sklona Chernogo moray [Stratigraphic studies of the shelf and continental slope of the Black sea] // Geology and mineral resources of the Black sea, Kiev. 245 – 254. (in Russian).
- Klimchuk A. B., Timokhina Ye. I., Amelichev G. N. and other. 2013. Gipogennyi karst Predgornogo Kryma i ego geomorfologicheskaya rol [Hypogene karst foothills of the Crimea and its geomorphological role]. - Simferopol “DIAYPI”. (in Russian).
- Muratov M. V., 1960. Kratkiy ocherk geologicheskogo stroeniya Krymskogo poluostrova [A brief sketch of the geological structure of the Crimean Peninsula]. - Moskow. (in Russian).
- Orovetskiy Yu. Yu., 1992. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i geologicheskoy istorii kontinentalnogo sklona Kryma v mezo-kaynozoe [The main features of geological structure and geological history of the continental slope of the Crimea in meso-Cenozoic]. Abstract. AS of Ukraine DMGOS. TsNPK. – Kiev. (in Russian).
- Sobotovitch E. V., Bondarenko G. N., Kovalyukh N. N., 1983. Izotopno-geokhimicheskie osobennosti morskikh osadkov [Isotopic-geochemical characteristics of marine sediments]. – Kiev : Naukova dumka. (in Russian).
- Shnyukov Ye. F., Inozemtsev Yu. I., Lyalko V. I. and others. 1984. Geologiya Shelfa USSR. Stratigrafiya [The Geology of Shelf of Ukraine. Stratigraphy]. – Kiev : Naukova dumka, 51 – 82. (in Russian).
- Shnyukov Ye. F., Inozemtsev Yu. I., Lyalko V. I. and others. 1983. Geologiya Shelfa USSR. Tverdye poleznye iskopaemye [The Geology of Shelf of Ukraine. Solid minerals]. Kiev : Naukova dumka. (in Russian).
- Shnyukov Ye. F., Inozemtsev Yu. I., Lyalko V. I. and others. 1985. Geologiya Shelfa USSR. Litologiya [The Geology of Shelf of Ukraine. Lithology]. – Kiev : Naukova dumka, 19 – 46. (in Russian).

Надійшла до редколегії: 14 вересня 2016