

УДК 551.311.31 (470.67)

**О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕСЧАНОЙ ГОРЫ
САРЫКУМ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
ЕЕ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

© 2013 г. В.У. Мацапулин*, Е.В. Тулышева*, М.В. Хлопкова**

**Учреждение Российской Академии наук*

Институт геологии Дагестанского научного центра РАН

Россия, 367032 Махачкала, ул. Ярагского, д.75. E-mail: isakov_156@mail.ru

*** Учреждение Российской Академии наук*

*Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра
РАН*

Россия, 367025 Махачкала, ул. Гаджиева, д.45. E-mail: hlopkovam@mail.ru

Поступила 03.06.2012

Изучены некоторые геолого-геоморфологические особенности дюны Сарыкум в зависимости от положения скоплений эоловых песков и долины реки Шура-Озень, диаграммы розы ветров местности, распространенности обломков пород и карбонатных корочек в эоловых песках, их петрографии и геохимии. Приведены генетические выводы по формированию дюны.

Ключевые слова: эоловые пески, песчаники, дюна, бархан, карбонатные корочки, псевдоконгломераты, пелитоморфный карбонат, элементы-примеси, изотопы углерода и кислорода.

Введение

Дюна Сарыкум является крупнейшим эоловым образованием Евразийского континента (высота 251 м, протяженность 10 км). Формирование подобного объекта вызывает разногласия, дискуссии в научной среде. Действительно, дюна - это геолого-геоморфологический парадокс. Высказываются различные представления по генезису дюны (Акаев, 1996; Майоров, 1927; Идрисов, 2010; Мацапулин и др., 2011; Исаков, 2012): пески были перенесены из среднеазиатской пустыни или вообще это остаток среднеазиатской пустыни, некогда простиравшейся на Прикаспийскую низменность; образование дюны связано с гидровулканизмом. Большинство же исследователей связывают образование дюны с процессом выветривания и эоловой переработкой продуктов разрушения кварцевых, слабосцементированных среднемиоценовых (чокрак+караган) песчаников. Последние слагают северный склон Терско-Сулакского прогиба, представленного передовыми хребтами – Нарат-Тюбе, Карабурун и др. Эти песчаные толщи простираются через всю территорию Дагестана, отмечая границу

орогена и передового прогиба. Среднемиоценовые песчаные толщи разрушались речной деятельностью водотоков, выносились в морской бассейн, в меньшей степени песчаники обрадировались морским бассейном и поставляли в море кварцевый песок. Эти пески и явились базой для формирования песчаных рыхлых морских толщ, которые стали основой для образования эоловых форм приморской низменности.

Общеизвестным является участие эоловых процессов в ее формировании. Но только эоловыми процессами трудно объяснить уникальность по размерам и нестандартную приуроченность эолового тела к тем геологическим условиям, в которых оно находится. Исходя из изложенного, в исследовании песчаной горы Сарыкум обращается внимание на такие обстоятельства, как совместное нахождение дюны и долины реки Шура-Озень, характер ветровой деятельности района, включения пород в эоловых песках и особенности, выделенных (Идрисов, 2010; Мацапулин и др., 2011) карбонатных корочек и их геохимические отличия.

Методические подходы

Песчаная гора как геоморфологический объект изучена не в достаточной степени, что вызывает неоднозначность обосновываемых представлений и их дискуссионность. На этот песчаный массив нет геоморфологической карты крупного масштаба, что является большим недостатком предшествующих исследований. На имеющихся геологических картах (1:100 000, 1:200 000) правобережная и левобережная части дюны показаны схематически, в виде контуров. Возникает неопределенность – являются ли они самостоятельными образованиями или это единое эоловое тело, прорезанное долиной реки Шура-Озень? Это предположение широко обсуждается. Присутствие обломков пород в эоловых песках также не вносит определенности их роли в формировании дюны, нужны исследования по установлению источников этих обломков.

Совершенно новый материал, установленный в эоловых песках недавно - карбонатные корочки, до настоящего времени не обсуждался. Установление этих корочек произошло благодаря песчаным карьерам, пройденным в правобережной (восточной) и левобережной (западной) частях песчаной горы. В стенках карьеров обнаружены карбонатные корочки.

Объектом аналитических исследований (Мацапулин, 2011; Исаков, 2012) послужили карбонатные корки и псевдоконгломераты, отобранные в стенках карьеров. Корки изучены с применением оптико-микроскопического, рентгено-структурного (Дрон-УМ1) и термогравиметрического (NETZ SCH STA 409 PC) методов в Институте геологии ДНЦ РАН, а также полуколичественного спектрального анализа на 36

элементов (ЦХЛ “ Кавказгеологосъемка”, г. Ессентуки). Для карбонатов определено содержание U^{238} (ПИБР ДНЦ РАН) и изотопный состав кислорода и углерода (ГИН РАН, Москва). Изучен их минеральный состав, геохимия элементов-примесей и изотопы углерода и кислорода карбоната, цементирующего эти корочки. Такой подход обеспечивает приоритетный характер проведенных исследований.

Результаты и обсуждение

Изучение космоснимков интересующей нас территории дает представление о геоморфологии дюны. На этих снимках видны незадернованные пески светло-желтого цвета и бугристые пески, покрытые растительностью, шлейфом окаймляющие обе части Сарыкума. Бугристых песков нет на сторонах обеих частей песчаной горы, которыми они обращены к речной долине. Пески восточной части своим северным отрогом подходят к краю речной долины, остальная часть к этому краю не прослеживается.

В публикациях по геоморфологии, общей геологии приводятся схемы формирования эоловых тел – дюны, бархана. Они могут возникнуть от задержания движущихся песков растительностью – кустарники, деревья, скопления обломков пород и др. При этом нарастание эолового тела начинается плавно, с небольшим подъемом до определенной высоты, на которой происходит раздвоение песчаного тела в виде «рогов», острием расположенных по ветру. Это в усложненном виде наблюдается на обеих частях дюны. Нарастание мощности происходит по ветру в северо-западном направлении на правобережье (восточная часть) и в юго-восточном направлении (западная часть) (рис. 1). Обе части дюны сформировались за счет переноса песчаного материала ветром юго-восточного и северо-западного направления. Здесь следует отметить, первое - это то, что участки массива песков дюны Сарыкум правобережья реки Шура-Озень, защищены от ветров, дующих в юго-восточном направлении, выступом горы Тарки-тау, которая вместе с горой Анджи-Арка образует проход для указанных ветров. Соответственно, левобережная часть дюны, прилегающая к хребту Нарат-Тюбе, эоловые пески которой налегают непосредственно на песчаники хребта, подвергается воздействию ветров, дующих в северо-западном направлении. Второе - правобережная часть дюны подвергается воздействию ветров, где превалируют северо-западные ветры, формируя эту часть дюны. Показательным является (рис. 2) - снижение высоты эоловых песков в южном направлении - к горам, в то время как в западной части в этом же направлении происходит увеличение высоты рельефа эоловых песков. На этом профиле и отмечаются рекордные высоты дюны, связанные с вышеуказанными эоловыми процессами. Предлагаемая гипотеза

образования дюны позволяет разрешить проблему ее формирования при действующей речной системе Шура-Озень, не привлекая представления о прорыве (Идрисов, 2010) речной долиной Шура-Озень песчаной горы Сарыкум.

Водное русло реки является непреодолимой преградой для движущегося эолового песка. Песок, попадавший в водоток, постоянно сносился в море. В 2000-е годы речку перегородили трубой большого диаметра, и в течение 10 лет сформировался песчаный вал высотой более 2 м. Это и есть скорость роста эолового сооружения. При такой динамике за 2000 лет может вырасти эоловая дюна сопоставимая с Сарыкумом. Это, а также наличия обломков раковин голоценовых наземных моллюсков *Helicella derbentina* от подошвы восточной дюны до вершины, позволяет утверждать о ее образовании в голоцене.

В работе Е.В. Тулышевой (2002) показано, что долина реки Шура-Озень имеет antecedentное заложение, т.е. водоток был заложен, беря начало с Гимринского хребта, и впадал в Каспийское море. Затем под долиной начал воздыматься Нарат-Тюбинский хребет, а русло реки – его прорезало, и таким путем сформировалась современная долина. В настоящее время она прорезает на равнине морскую хазарскую террасу, сложенную рыхлыми отложениями и углубляется в коренные, слабодислоцированные сарматские глины. Хазарские отложения залегают на сармате с угловым и стратиграфическим несогласием. Здесь был перерыв в осадконакоплении между сарматом и хазарскими отложениями – акчагыл, апшерон, бакинский ярус. На территории существовал континентальный режим, который в период хазарской трансгрессии сменился на морской. Затем началась регрессия - гипсометрически ниже и севернее на побережье формировались хвалынские, новокаспийские отложения. Все это время функционирует долина реки Шура-Озень, прорезая формирующиеся рыхлые морские отложения и подготавливая условия для образования дюны Сарыкум.

В голоцене сложилась благоприятная ситуация для формирования дюны. На территории существовали открытые пески, сформировался своеобразный ветровой режим, по-видимому, существующий до настоящего времени. Но этого было недостаточно для формирования песчаной горы. Для начала скопления эоловых песков одной из причин могли быть развалы, гряды коренных пород на террасе, на что указывается в работе (Майоров, 1927). Это предположение подтверждается наличием обломков глыб песчаников на западном окончании дюны и выходами коренных чокракских песчаников восточнее Махачкалы на морской террасе. Среди этих обломков коренных пород отмечаются песчаники и в большей степени известняки. Песчаники представлены средне- и мелкозернистыми разностями, часто отмечается их

ожелезненность. Известняки представлены белыми, черными разновидностями - часть из них онколитовые, переполненные фауной в виде плоской гальки, подобно той которая отмечается в долине р. Шура-Озень. Песчаники встречаются в виде мелких и средних размеров гальки, в восточной части - единичные глыбы песчаников весом до 80-100 кг. Они отличаются от караганских, которые слабосцементированы, легко рассыпаются при механическом воздействии и в водной среде полностью разрушаются. Интересно отметить, что среди обломочных пород, встречаются гальки карбонатной пемзы белого и розового цвета.

Детальное обследование дюны позволило определить наличие в эоловых песках гравия, гальки, валунов, глыб. Считается, что эти обломочные формы перешли из подстилающей дюну хазарской террасы путем выдувания песка и т.д. Скопление обломков отмечены у подножия дюны (западной) и в ее более верхних горизонтах вплоть до гребней. Отмечается, что с песками перемешана многочисленная и разнообразная по величине и составу галька, иногда с очень крупными и тяжелыми валунами. В западной части дюны, налегающей на коренные породы, возможен привнос в эоловые пески элювиально-делювиального материала со склона Нарат-Тюбинского хребта.

В песчаных стенках карьеров, пройденных в обеих частях дюны, впервые (Идрисов, 2010; Мацапулин и др. 2011) установлены маломощные карбонатные корочки (мощностью до 1.0-1.5 см) и образования подобного состава разнообразной формы – амебообразные, сферические, мелкие шарики и др. Эти образования представлены терригенными песками, гравием, сцементированным пелитоморфным карбонатом, легко вскипающим в HCl. Считалось, что эти породы образованы почвенно-биологическими процессами, путем поднятия к поверхности углекислоты или за счет атмосферных процессов в аридных условиях.

Корки залегают в виде сплошных пластин и отложений, переслаивающихся с песком. Мощность прослоев песка примерно равна мощности самих корок и составляет 1.5-2 см. В правобережной части Сарыкума скопления корок до пятидесяти штук образуют пласты, мощностью до 1.5-2 м (рис. 3). Залегание корочек согласуется с эоловой слоистостью протяженностью 15-20 м. Карбонатное вещество, составляет 2-5 объемных процента от эолового песка (90-98 об.%), который она цементирует. Корки слоистые – их основная часть обогащена карбонатом, самая верхняя плотная, желтоватого цвета, мозаичного строения.

Помимо корок на левобережье дюны распространены карбонатные отложения сходной мощности в виде шариков диаметром до 1.5-2 см, амебообразных ажурных

форм и псевдоконгломератов. В стенках карьера обнажаются два пласта псевдоконгломератов: один при мощности 0.4-0.5 м, по простиранию составляет 8-10 м, мощность второго достигает 0.05-0.1 м, с раздувом до 0.5 м. Псевдоконгломераты представляют собой полуокатанные и окатанные обломки песчаников галечной размерности, сцементированные пелитоморфным карбонатом в смеси с песком. Карбонатное вещество вокруг обломков распределено равномерно. Поскольку образование истинных конгломератов в эоловых песках не возможно, предполагается, что по происхождению они аналогичны карбонатным корочкам.

При микроскопическом изучении установлено, что корки представляют собой среднезернистый песок с поровым, реже – базальным карбонатным цементом. Обломочная часть представлена преимущественно кварцем с единичными зернами плагиоклаза, обломками аргиллитов и редкими микроконкрециями глауконита, что соответствует песчаникам чокрак-караганского возраста. По данным рентгеноструктурного и термогравиметрического анализов карбонат представлен кальцитом. Кроме того, встречаются карбонатные образования, по морфологии, напоминающие корневую систему растений. В их срединной части наблюдаются сквозные пустоты. Возможно, они представляют собой замещение растительной ткани карбонатом, однако, остатков органики растений в них не установлено.

На левобережье дюны в стенках карьера отмечаются секущие эоловую слоистость вертикальные трещины, выполненные карбонатным материалом с песком. В единичных случаях части эолово-стратифицированных слоев песка смещены по трещинам на 10-15 см относительно друг друга. Образование трещин, может быть связано с сейсмической активностью региона.

Среди карбонатных образований есть сингенетические (корочки, слои псевдоконгломератов, согласные с эоловой слоистостью) и эпигенетические – выполнения сейсмогенных трещин и возможное замещение корней растений.

Данные спектрального анализа показали, что содержания Cu, Zn, Pb в карбонатных корках ниже, чем в вулканических пеплах, отобранных на Буйнакском перевале в районе песчаной горы Сарыкум. В верхней части, обогащенной карбонатным веществом (карбонатных примазках) содержание Cu, превышает таковые в пеплах. Содержание Ag, Bi, Co, Ni, Sn, Mn в карбонатных образованиях выше, чем в пеплах. Поведение Mo, V, Cr, Ga, P, Li, Be, Sr, Tc, V, Vb, Zr, Nb, Ti сходно, но менее контрастно. Концентрации W, Te, Fe, Sc постоянны, содержание бора в карбонатных образованиях ниже, чем в пеплах. Установлена тенденция обогащения корок цветными

металлами по мере роста в них карбонатного вещества, со значительным превышением концентрации металлов по сравнению с вулканическими пеплами (табл.).

Содержание U^{238} в образцах карбонатных корочек изменяется от 2.1 до 4.1 г/т (12 проб), при этом увеличивается от корочек с большой примесью эолового материала к чисто карбонатным примазкам, в которых достигают максимума 6.0 г/т. Для сравнения содержание U^{238} в вулканическом пепле составляет 7.6 г/т (Хлопкова, Асварова, 2012).

Изотопный состав углерода и кислорода корочек составляет (‰) $\delta^{13}C$ - 3.2...-9.0, $\delta^{18}O$ +22.1...+23.3, для карбонатной примазки $\delta^{13}C$ -9.03, $\delta^{18}O$ +22.5. Изотопный состав углерода корочек сходен с углеродом CO_2 атмосферы ($\delta^{13}C = -7‰$) (Горбаренко и др., 1982).

Поле изотопных составов кислорода и углерода карбонатных образований песчаной горы Сарыкум занимает компактную площадь, свидетельствующую об их гомогенности (рис. 4). Поле карбонатных корочек с отрицательными значениями $\delta^{13}C$ близко к полю карбонатных желваков из вулканических пеплов, травертинов и карбонатов из прожилков Аркаского минерализованного поля в верхнемеловых известняках. Эти породы по изотопному составу углерода и кислорода резко отличаются от вмещающих меловых известняков и, согласно данным (Мацапулин В.У. и др., 2008), имеют эндогенную природу.

Некоторые черты химического состава карбонатных корочек, такие как повышенные концентрации цветных металлов и U^{238} , а также особенности изотопного состава углерода и кислорода, могут указывать на участие эндогенных источников в их формировании. Чередование карбонатных и бескарбонатных прослоев и неравномерное распределение карбонатных образований в эоловых песках дюны может быть обусловлено ритмичным поступлением карбонатных растворов, возникновение которых связано с сейсмической активностью региона. Природа таких растворов представляется фумарольно-гейзерной.

Заключение

Песчаная гора Сарыкум - крупнейшее эоловое образование Евразийского континента, сформирована в удалении от масштабных пустынь типа среднеазиатских. Она расположена в таких геолого-геоморфологических условиях, которые не соответствуют образованию огромных эоловых тел. Для нее выделяется ряд особенностей, способствующих формированию крупнейшего тела эоловых песков.

1. Прохождение долины реки Шура-Озень, которая явилась преградой в продвижении эоловых песков и способствовала формированию двух тел –

самостоятельных скоплений эоловых песков – западной (левобережной) и восточной (правобережной).

2. Нарастание высоты форм эоловых песков в южном направлении на западной части и в северном направлении на восточной - обусловленное эоловым режимом, зависит от наличия теневого (для ветра) пространства от горы Тарки-тау, а для западных ветров – эоловые пески слагающие дюну на левобережье реки Шура-Озень.

3. Наличие обломков пород от мелкого гравия до крупных глыб в эоловых песках дюны, установление скоплений крупных обломков песчаников на поверхности хазарской террасы в западной части дюны свидетельствуют о возможности нахождения под эоловыми песками выходов коренных пород, послуживших затравкой при формировании эоловых тел.

4. Широкое развитие карбонатных корочек в эоловых песках – признак влияния эндогенных процессов на формирование дюны. Установлен один горизонт скопления корочек в 5-10 м от поверхности эоловых песков, распространение которого по вертикали и горизонтали может быть гораздо шире. Эндогенность карбонатных корочек согласуется с процессами вулканизма, выраженного установлением вулканических пеплов в долинах рек Истисув, Шура-Озень и на Буйнакском перевале.

Наличие в эоловых песках дюны современных наземных моллюсков от подошвы дюны на контакте с хазарской террасой (восточная часть) до ее верхних частей в карбонатных корочках может свидетельствовать о голоценовом возрасте дюны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-96502 р-юг-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акаев Б.А. и др. 1996. Физическая география Дагестана. М.: Школа. 391 с.
- Горбаренко С.А., Николаев С.Д. 1982. Изотопный состав кислорода раковины // Комплексное изучение моллюсков для целей стратиграфии и палеогеографии. М.: МГУ. С. 78-104.
- Грабежов А.И., Ронкин Ю.Л. 2007. Изотопы углерода, кислорода и стронция в карбонатных медно-скарновых месторождениях Урала // Литосфера. № 4. С.102-115.
- Идрисов И.А. 2010. К истории формирования и развития песчаного массива Сарыкум // Труды государственного природного заповедника “Дагестанский”. Вып. 3. Махачкала. С. 19-26.
- Исаков С.И. 2012. Влияние эндогенных процессов на образование карбонатных корочек в эоловых песках дюны Сарыкум (Восточный Кавказ, Дагестан) // Материалы XVIII научн. школы “Металлогения древних и современных океанов – 2012. Гидротермальное поле и руды” Миасс. С. 283-285.

- Майоров А.А. 1927. Эоловая пустыня у подножия Дагестана. Махачкала. 116 с.
- Мацапулин В.У., Тулышева Е.В., Исаков С.И. 2011. Включения пород в эоловых песках Сарыкума // Сборник трудов ИГ ДНЦ РАН. Махачкала. Вып. 57. С. 35-37.
- Мацапулин В.У., Юсупов А.Р., Черкашин В.И. 2008. Позднекайнозойский вулканизм северной окраины орогена Восточного Кавказа (Дагестан) // Вестник Дагестанского научного центра РАН. Махачкала. № 32. С. 12-20.
- Тулышева Е.В. 2002. Речные долины Дагестана и их неотектоническая обусловленность. Автореф. дисс. к.г.н. Махачкала. 26 с.
- Хлопкова М.В., Асварова Т.А. 2012. Особенности накопления урана двустворчатыми моллюсками Каспийского моря // Известия Дагестанского гос. педагогического университета. Естественные и точные науки. Махачкала. № 1. С. 37-41.

Таблица. Содержание элементов-примесей в карбонатных корочках (г/т).

Table. The content of elements-impurities in carbonate crusts (g/ tonne).

Материалы элементы	Карбонатная корочка без примазки	Карбонатная корочка с примазкой	Карбонатная примазка	Вулканический пепел
Кол-во проб	4	6	3	1
U	<u>2.1-3.3</u> 2.53	<u>2.5-4.4</u> 3.32	<u>6.4-7.2</u> 6.8	7.6
Cu	<u>20-30</u> 22.5	<u>20-30</u> 26.6	<u>30-50</u> 40	30
Zn	<u>25-30</u> 28	<u>30-50</u> 36.7	<u>40-60</u> 50	60
Pb	<u>6-10</u> 8	<u>6-12</u> 9.5	<u>5-15</u> 10	30
Ag	<u>0.05-0.06</u> 0.053	<u>0.05-0.09</u> 0.063	<u>0.08-0.12</u> 0.1	0.1
Ni	<u>10-20</u> 13.5	<u>10-25</u> 17.5	<u>10-35</u> 20	10
Mn	<u>300-500</u> 400	<u>350-500</u> 383	<u>300-500</u> 400	600
Mo	<u>2-3</u> 2.75	<u>2-3</u> 2.5	<u>2-4</u> 3	10
V	<u>10-20</u> 15	<u>10-20</u> 15	<u>13-37</u> 20	50
Cr	<u>6-15</u> 10.25	<u>10-20</u> 15.83	<u>47-73</u> 60	10

Список рисунков

Рис. 1. Продольный схематический профиль песчаной горы Сарыкум. 1,2 – восточная и западная части дюны; 3 – долина реки Шура-Озень; 4 – эоловые пески; 5 – рыхлые отложения морской хазарской террасы.

Fig. 1. Longitudinal schematic profile of the sandy mountain Sarykum. 1,2 – east and west parts of dune; 3 – Shura-Ozen river valley; 4 – eolian sands; 5 – friable blankets of sea Hasaria terrace.

Рис. 2. Поперечный схематический профиль песчаной горы Сарыкум по обнаженным пескам. 1,2 – восточная и западная части дюны; 3 – долина реки Шура-Озень; 4 – эоловые пески; 5 – рыхлые отложения морской хазарской террасы; 6 – коренные породы, чокрак-караганские песчаники хребта Нарат-Тюбе; 7 – слабодислоцированные сарматские глины ложа приморской равнины.

Fig. 2. Crosscut schematic profile of the sandy mountain Sarykum on outcropped sand. 1,2 – east and west parts of dune; 3 – Shura-Ozen river valley; 4 – eolian sands; 5 – friable blankets of sea Hasaria terrace; 6 – ledge rocks, chokrak-karagansky sandstones of Narat-Tyube ridge; 7 – the weakly dislocated Sarmatian clays of coast plain couch.

Рис. 3. Правобережье реки Шура-Озень. Дюна Сарыкум. Пласт карбонатных корочек (N-2 м) в южной стенке песчаного карьера

Fig. 3. Right bank of Shura-Ozen river. The Sarykum dune. Bank of carbonate crusts (N-2 m) in the southern wall of sand pit

Рис. 4. Соотношение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в кальците различных верхнекайнозойских образований. 1) Кальцит прожилков, с. Губден. 2) Образования, подобные желваковым стяжениям в пласте вулканического пепла (окраина города Буйнакск). 3) Кальцит из прожилков кальцит-гипс-пиритового состава (Талги). 4) Кальцит из травертиноподобных выходов (Талги). 5) Известняк (K₁, K₂) (Аркас, Талги). 6) Кальцитовые жилы Аркаского минерализованного поля. 7) Карбонатные корочки в дюне Сарыкум. Линии и реперные значения известняка и магматического кальцита приведены по Грабежову А.И. (2007).

Fig. 4. Ratio of values $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in calcite of various upper Cainozoic formations

1) Calcite of streaks, Gubden's settlement. 2) Formations similar to struma straining in layer of volcanic ash (uptown of Buinaksk). 3) Calcite from streaks of calcite-gypsum-pyrite

structure. (Talgy). 4) Calcite from similar to travertine outlets (Talgy). 5) Limestone (K1, K2) (Arkas, Talgy). 6) Calcite veins of the Arkas mineralized field. 7) Carbonate crusts in Sarykum dune. Lines and reference values of limestone and magmatic calcite are taken on Grabezhov A.I. (2007).

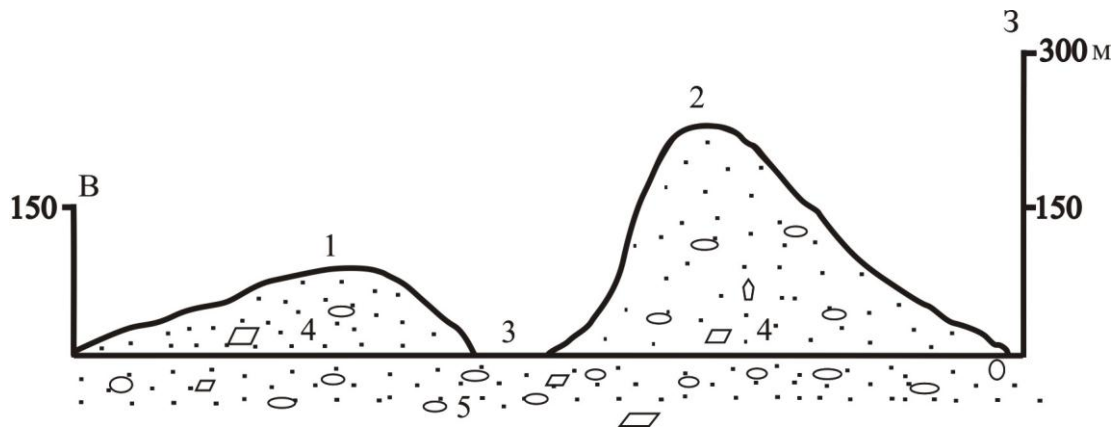


Рис. 1. Продольный схематический профиль песчаной горы Сарыкум. 1,2 – восточная и западная части дюны; 3 – долина реки Шура-Озень; 4 – эоловые пески; 5 – рыхлые отложения морской хазарской террасы.

Fig. 1. Longitudinal schematic profile of the sandy mountain Sarykum. 1,2 – east and west parts of dune; 3 – Shura-Ozen river valley; 4 – eolian sands; 5 – friable blankets of sea Hasaria terrace.

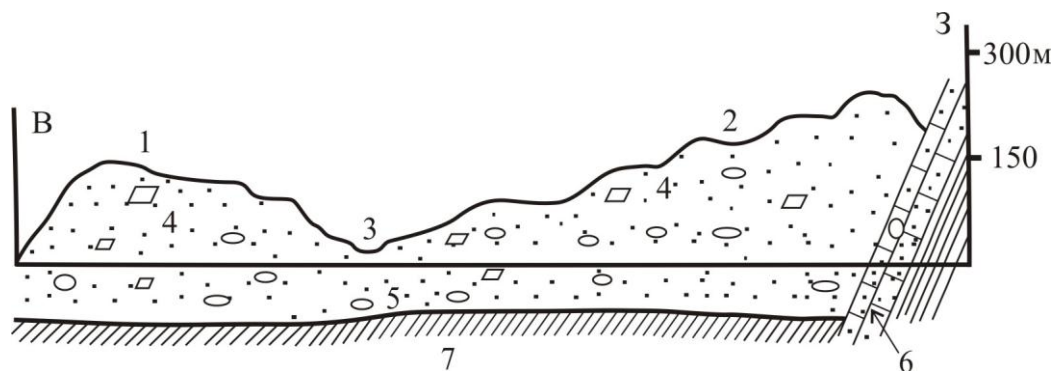


Рис. 2. Поперечный схематический профиль песчаной горы Сарыкум по обнаженным пескам. 1,2 – восточная и западная части дюны; 3 – долина реки Шура-Озень; 4 – эоловые пески; 5 – рыхлые отложения морской хазарской террасы; 6 – коренные породы, чокрак-караганские песчаники хребта Нарат-Тюбе; 7 – слабодислоцированные сарматские глины ложа приморской равнины.

Fig. 2. Crosscut schematic profile of the sandy mountain Sarykum on outcropped sand. 1,2 – east and west parts of dune; 3 – Shura-Ozen river valley; 4 – eolian sands; 5 – friable blankets of sea Hasaria terrace; 6 – ledge rocks, chokrak-karagansky sandstones of Narat-Tyube ridge; 7 – the weakly dislocated Sarmatian clays of coast plain couch.

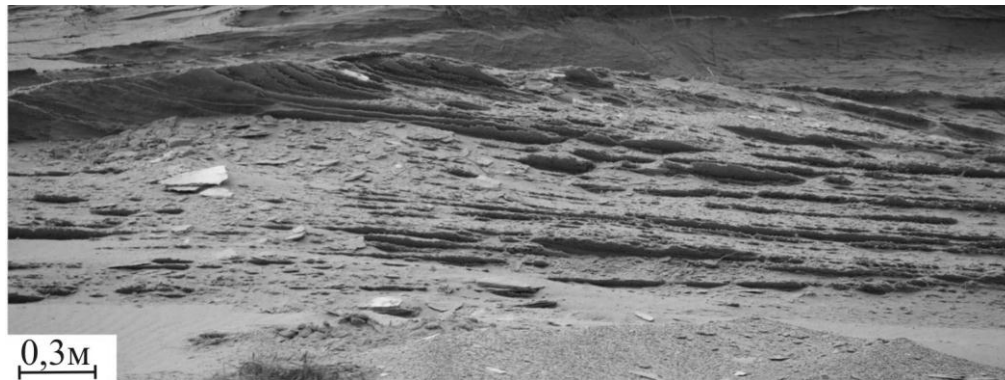


Рис. 3. Правобережье реки Шура-Озень. Дюна Сарыкум. Пласт карбонатных корочек (N-2 м) в южной стенке песчаного карьера

Fig. 3. Right bank of Shura-Ozen river. The Sarykum dune. Bank of carbonate crusts (N-2 m) in the southern wall of sand pit

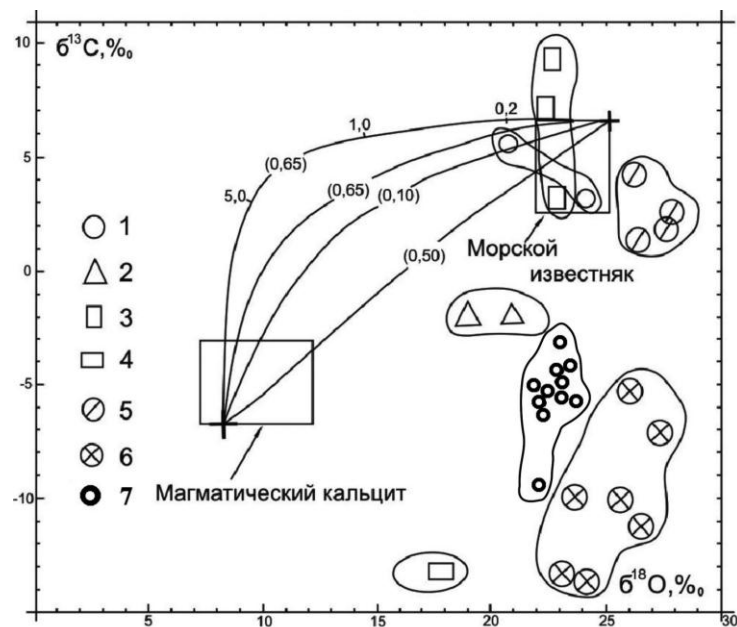


Рис. 4. Соотношение значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в кальците различных верхнекайнозойских образований. 1) Кальцит прожилков, с. Губден. 2) Образования, подобные желваковым стяжениям в пласте вулканического пепла (окраина г. Буйнакск). 3) Кальцит из прожилков кальцит-гипс-пиритового состава (Талги). 4) Кальцит из

травертиноподобных выходов (Талги). 5) Известняк (К₁, К₂) (Аркас, Талги). 6) Кальцитовые жилы Аркаского минерализованного поля. 7) Карбонатные корочки в дюне Сарыкум. Линии и реперные значения известняка и магматического кальцита приведены по Грабежову А.И. (2007).

Fig. 4. Ratio of values $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in calcite of various upper Cainozoic formations

1) Calcite of streaks, Gubden's settlement. 2) Formations similar to struma straining in layer of volcanic ash (uptown of Buinaksk). 3) Calcite from streaks of calcite-gypsum-pyrite structure. (Talgy). 4) Calcite from similar to travertine outlets (Talgy). 5) Limestone (K₁, K₂) (Arkas, Talgy). 6) Calcite veins of the Arkas mineralized field. 7) Carbonate crusts in Sarykum dune. Lines and reference values of limestone and magmatic calcite are taken on Grabezhov A.I. (2007).