

## ФЕНОМЕН «ПОЮЩЕГО БАРХАНА»

А.В. ОВЧАРЕНКО, В.А. ОВЧАРЕНКО

У алмаатинцев и гостей южной столицы популярным туристическим маршрутом является поездка в заповедник «Алтын-Емель», в котором расположен уникальный природный памятник «Поющий бархан». При посещении этого заповедника и необычного бархана сразу возникает много вопросов: Почему бархан «поет»?; Откуда столько песка среди скал?; Почему бархан остается примерно на одном месте много лет?; Меняется ли конфигурация и высота бархана? На эти вопросы служба проводников Вам не ответит. И даже наоборот будет их Вам задавать.

Портативные современные навигаторы позволяют сразу оценить высоту бархана, она составляет для северной вершины 101 м (с точностью  $\pm 2$  м). Если вы записали путь (трэк) своего передвижения по бархану, а подъем на бархан проще всего выполнять по гребню, то при совмещении трэка с космическим снимком «Global View» (Google, 2009), вы сразу обнаружите систематический уход трэка от изображения гребня на снимке. Естественно считать, что космический снимок привязан с достаточной точностью в несколько метров. Простые измерения различия гребня на снимке и фактического трэка по GPS (рис.1) позволяют сделать вывод, что бархан мигрирует со скоростью около 12 м/год на запад и 5-6 м/год на север. Это направление совпадает с главенствующим направлением местного ветра «Чилик», дующего с ЮВ-В. При такой скорости миграции за 100 лет бархан бы убежал на 1.2 км, что было бы легко замечено старожилами, которые утверждают, что бархан «стоит на месте» и ветер не уносит предметы с бархана. Вот история. Одна туристка потеряла свой платок с одной стороны бархана, а нашла его через год на другой стороне бархана. Поскольку систематических метеонаблюдений в данном районе нет, то о достоверности такого факта и гипотезе среднегодового нулевого ветра, можно только гадать. В данной экскурсии нами были обнаружены в соседних горах «Актау» (40 км от бархана) выходы слабосцементированных песчаников, полностью аналогичных по фракциям и цвету пескам «Поющего бархана». Эти песчаники легко растираются пальцами. Рядом же находились эоловые пески, которые образуются при выветривании слабосцементированных песчаников. Это дает нам повод предположить, что в основании «Поющего бархана» залегают материнские слабосцементированные песчаники. Эти песчаники являются тем самым жестким стабилизирующим ядром, которое и держит бархан на месте. По нашим предположениям толщина рыхлых эоловых песков относительно небольшая (до 20-30 м). Перебиваемая ветрами рыхлая часть бархана, поэтому может смещаться на эти 20-30 м, но в целом бархан будет стабилен в своем положении. Высота бархана будет с годами медленно уменьшаться по мере выветривания и разрушения ядра.

Почему бархан поет? Кроме резонансного ветрового возбуждения звука при развеивании песчинок, возможно резонансное низкочастотное возбуждение при движении на границе жесткой и рыхлой фазы. Возможно именно поэтому, бархан начинает петь, если вы бежите вниз по склону, увлекая за собой рыхлые массы.

Все сказанное выше легко проверяется путем повторных маршрутов в последующие годы. А вообще, в таких уникальных местах, представляющих природные геологические памятники, службам заповедника, необходимо выполнять хотя бы простейшие геодинамические и метеорологические наблюдения. Даже при отсутствии недорогих навигаторов, портативных метеостанций, цифровых фотокамер, несложно поставить несколько надежных кольев на внешней границе бархана, на его гребне, чтобы увидеть насколько реален процесс миграции бархана. Нужно систематически выполнять его простое фотографирование с одной и той же позиции в направлении стабильного природного ориентира. Нужно выполнять записи «пения» (хотя бы на телефон, камеру, видео) для последующего частотного анализа, что поможет при компьютерном моделировании резонансного возбуждения звука. Служба проводников должна быть обеспечена современными навигаторами, цифровыми фотоаппаратами, звукозаписью. Многие задачи геодинамического мониторинга могут решить и сами туристы. Достаточно выкладывать в интернет свои навигационные трэки за разные годы, а также интересные фото. В одной поездке бывает сложно увидеть весь животный и растительный мир заповедника, но при должной общественной организованности, можно быстро и полно осветить в интернете уникальную природу национального парка.



Рис. 1. Общий вид северной части «Поющего бархана»

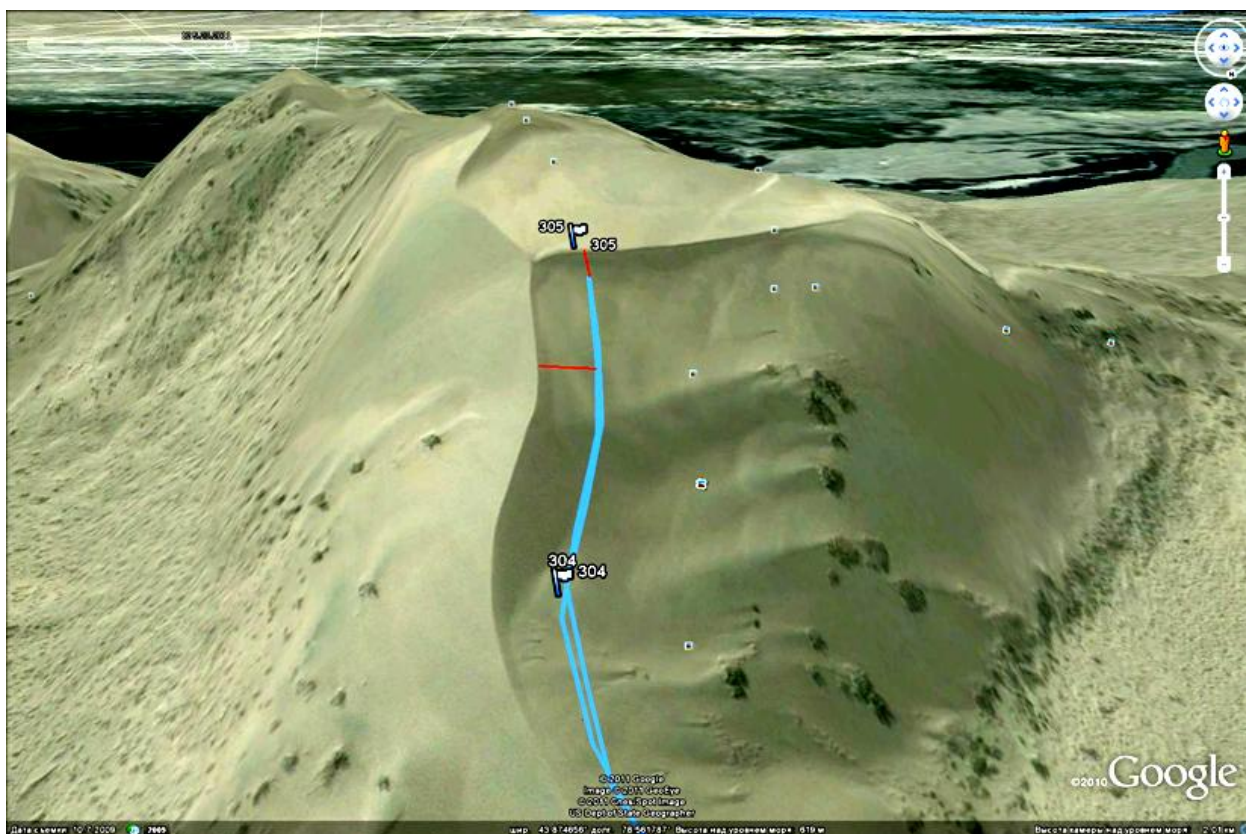


Рис 2. К мониторингу природных геологических памятников

Пример 3D панорамы «Поющий бархан» природного государственного заповедника «Алтын-Эмель». Синяя линия - навигационный трэк подъема по фактическому гребню на вершину бархана (22.05.2011). Координаты фиксировались портативным навигатором «Garmin-GPSMap76CSx». Служба проводников заповедника считает среднее многолетнее положение бархана стабильным, однако, совмещение со снимком высокого разрешения спутника «Global View», выполненного в 2009 году, показывает, что осевая часть гребня смещена. На рисунке отчетливо видно систематическое смещение нынешнего положения гребня (это синяя линия 2011 года) на 24 м к западу и 14 м к северу. Таким образом, средняя скорость смещения за 2 года составила 12 м/год на запад и 7 м/год на север. Высота первой гребневой вершины бархана составляет (2011) 685 м над уровнем моря, и 101 м относительно основания (нижний бивак – 584 м). Такие оценки сделаны в расчете на привязку снимка с точностью 1-2 м. Трехмерная панорама построена средствами Google Earht.

Для более достоверного выяснения скорости миграции бархана необходимо выполнить более точные многократные (многолетние) измерения с применением двухчастотных приемников типа Trimble-5700, Topcon-Gb-1000 и т.п. Измерения проще всего выполнять по методике короткобазисных измерений в кинематическом режиме с одной базисной станцией, которая должна устанавливаться на надежном фундаментальном репере. В качестве такого репера можно использовать простой анкерный болт установленный в скальное основание соседнего хребта Улькен-Калкан (4 км). В качестве индикаторов и реперов миграции можно использовать не только осевые гребни бархана, а также простые деревянные колья и вехи, которые нужно установить по периметру бархана, на его гребнях и вершинах. Контроль выдувания кольев и вех может выполнять служба проводников заповедника. При этом, если колья установить на осевых

гребнях и вершинах, то миграцию бархана можно периодически измерять простой мерной рулеткой.

Почему бархан поет? Кроме резонансного ветрового возбуждения звука при переносе песчинок, возможно также резонансное низкочастотное возбуждение при движении на границе жесткой и рыхлой фазы. Возможно именно поэтому, бархан начинает петь, если вы бежите вниз по склону, увлекая за собой рыхлые массы.

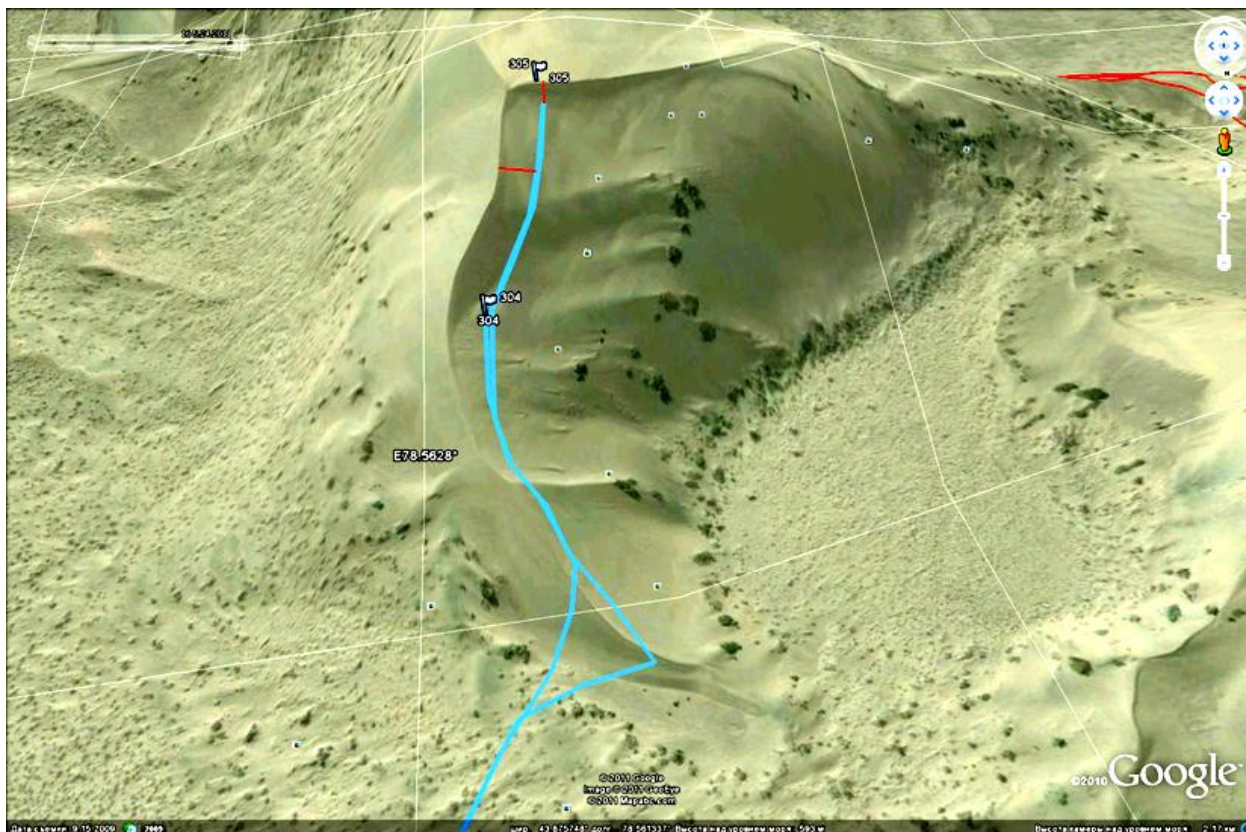


Рис. 3. Проекция навигационного трэка на горизонтальную плоскость. Фактически подъем производился по гребню бархана. Видно, что скорость смещения гребня неравномерна и возрастает к вершине. Трехмерная панорама построена средствами Google Earth.

Все сказанное выше легко проверяется путем повторных маршрутов в последующие годы. А вообще, в таких уникальных местах, представляющих природные геологические памятники, службам заповедника, необходимо выполнять хотя бы простейшие геодинамические и метеорологические наблюдения. Даже при отсутствии недорогих навигаторов, портативных метеостанций, цифровых фотокамер, несложно поставить несколько надежных кольев на внешней границе бархана, на его гребне, чтобы увидеть - реален ли процесс миграции бархана. Нужно систематически выполнять его простое фотографирование с одной и той же позиции в направлении стабильного природного ориентира. Важно выполнять записи «пения» (хотя бы на телефон, камеру, видео) для последующего частотного анализа, что поможет при компьютерном моделировании резонансного возбуждения звука. Служба проводников должна быть обеспечена современными

навигаторами, цифровыми фотоаппаратами, звукозаписью. Многие задачи геодинамического мониторинга могут решить и сами туристы. Достаточно выкладывать в интернет свои навигационные трэки за разные годы, а также интересные фото. В одной поездке бывает сложно увидеть весь животный и растительный мир заповедника, но при должной организованности, можно быстро и полно осветить в интернете уникальную природу национального парка.

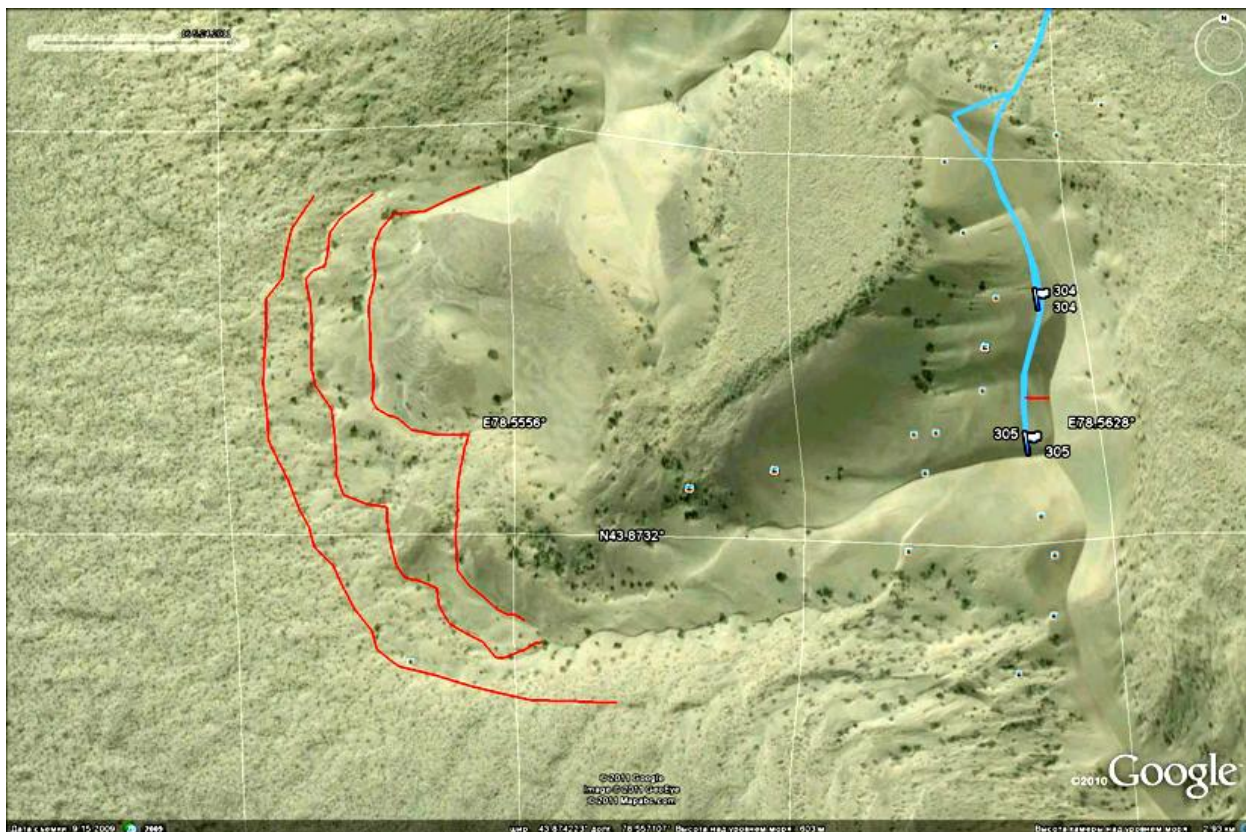


Рис.4. Сезонное смещение малого бархана?

Красными линиями отмечено вероятное сезонное смещение песчаного массива в западной стороне



Рис. 5. Выходы слабосцементированных песчаников в массиве «Актау»  
На переднем плане рыхлые золотые пески, аналогичные пескам «Поющего бархана». Вероятнее всего ядро «Поющего бархана» сложено такими же слабосцементированными песчаниками, которые обеспечивают относительную стабильность бархана. Миграции подвержена только верхняя рыхлая часть, относительно малой мощности. «Пение» может быть обеспечено трением на неровной границе твердой и рыхлой фазы.

Для надежного выяснения структуры глубинного строения бархана рациональнее всего выполнить геофизические исследования методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) по сети 100x200 м с разносами до 500 м. Дополнительно полезно выполнить георадарное профилирование для картирования поверхности слабосцементированных песчаников. Для выяснения скорости и структуры поля миграции нужно постоянно проводить геодинамический мониторинг.

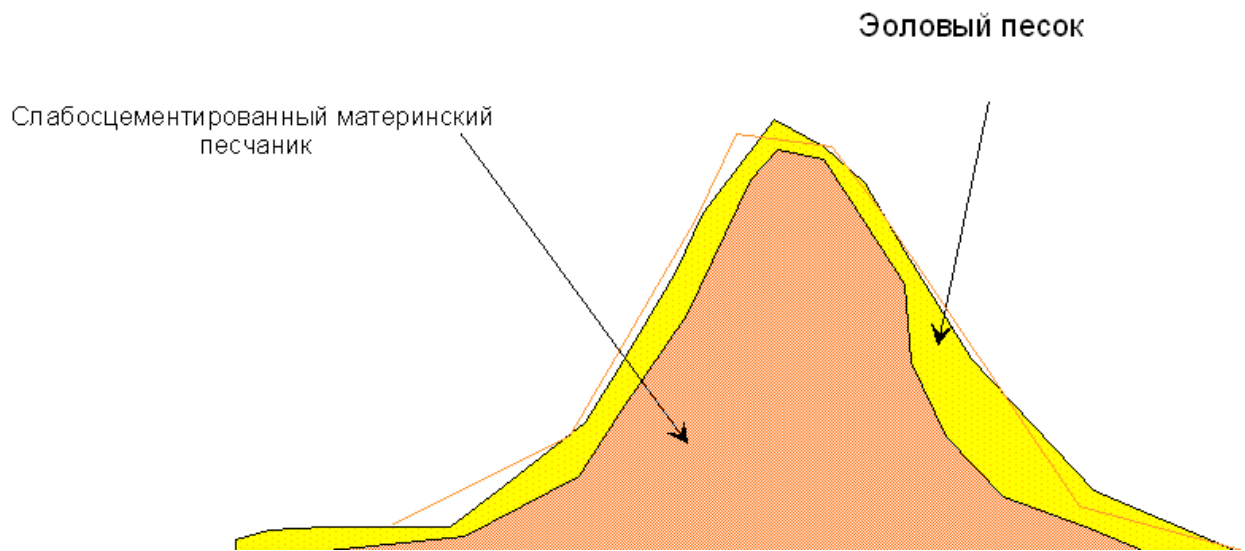


Рис. 6. Строение бархана устойчивого к ветровому переносу

*Миграции подвержены только золотые пески, которые образуются при выветривании материнских слабосцементированных песчаников. При этом смещения гребней и вершин могут достигать линейных величин мощности рыхлой толщи песков. За счет устойчивого внутреннего ядра бархан в целом будет относительно стабилен. Феномен ветрового «пения» может быть обусловлен трением на границе двух фаз и резонансным возбуждением за счет неровностей поверхности песчаников.*



Рис. 7. Сейчас запоет