

כפיים סוערות, בדמותות ובחיבוקים. דמותו של פקח הטיסה הצהול, לבוש בדגל ארצות הברית, שוגרה מיד ברוחבי העולם.

לאחר שפגע בקרקע קיפץ הטרहדר הקטן והתגלה במישור הרחוב של אתר הנחיתה עד לעצירתו הסופית. הגז מקריות הרוכך נשאב, הカリות קופלו, הפירמידה המשולשת פתחה את שלושת עלי הכותרת שלה, והרובוט הקטן, המקופל עדין כעובר, צילם צילום ראשוני של מישורים חומניים-אדומיים זרועי סלעים. הצלום הראשון זהה פתח את אחת ממשימות החיל המוצלחות ביותר אי פעם.

צמד גיאולוגים רובוטיים

לאחר כישלון משימת נחיתה קודמת ב-1999, שנetaהناس"א את כל תכנויותיה לחקר המאדים בעשור הראשון של המאה ה-21. המשימה הראשונה בתכנית המחדשת נקראת "רכב חקר המאדים" (Mars Exploration Rover) או MER, ונאס"א שחששה מכישלון נוסף, החליטה לבנות שני רכבים כאלה כדי להכפיל את סיכוי ההצלחה. כדי "לכט על בטוח" נבחרה גם טכנולוגיית הנחיתה בתוך טרहדר מוקף קריות גז שכבר הוכיחה את עצמה בנחיתה החילית "fft'פינדר" ב-4 ביולי 1997. ההימור הכספי ובעת כתיבת מאמר זה חלפה כמעט שנה מאז הנחיתה, ושני הרובוטים שתכננו לפעולות של שלושה חודשים בלבד, עדין פעילים על פני השטח. גם המרחקים שעברו גדולים מכל מה שהלמינו המתכננים — והוצאות המדעית עולות על כל דמיון.

המטרה הראשית של שני הרובוטים, ששינו בינהיהם את שםם ל"ספיריט" (Spirit) ואופורטוניטי (Opportunity), היא חיפוש עדויות כימיות וגיאולוגיות לכך שב吃过 הרחוק

ה-3 בינואר 2004 היה יום מתוח במיחוד במעבדה להנעה סילונית (JP) בפסדנה שבקליפורניה. יוקרתה של סוכנות החלל האמריקנית נאס"א עמדה על כף המאזניים, כשהרכב חיל קטע החל את צינחתו אל הקרקע המדਬית והקפואה של מאדים.

נחיתה על מאדים אינה עניין של מה בכאן. כמחצית הניסיונות של האמריקאים ושל הסובייטים בשעתם נכשלו, והזיכרון הטרי של התרסקות מעבורת החלל "קולומביה", רק הוסיף למתח שעד אז אויר חדר הבקרה.

שש דקות ארוכות נמשכה הנחיתה. רכב השטח עצמו היה סגור ומוגן בתוך טרहדר מתכתית בגובה של מטר בקירוב, שהיה אף הוא עטוף במגמי חום. האותות שאישרו שהכל מתנהל כסדרה הגיעו בזה אחר זה: כניסה לאטמוספירה, פתיחת המצנחים, שחרור מגני החום, התנפחות קריות הגז שהקיפו את הטרहדר וריככו את הנחיתה, הפעלת רקטות הבלימה האחוריות ... ההגעה לקרקע. האותות התקבלו כמובן במחיאות...



איור הנחיתה של רכבי החיל בתוך טרהדר מתכת עטוף בカリות גז.

* ד"ר איתן קריין הוא חבר צוות חמד"ע, המרכז לחינוך מדעי בתל אביב, והעורך המדעי-תפועלי של כתב העת סינטטיק אמריקן ישראלי.



כי אורך כפול מזה שלנו, מפני שמאדים מקיים את השימוש כל 687 ימים (כמעט שניםיים ארציות). כוכב הלכת סובב סביב ציריו כל 24 שעות ו-40 דקות, רק קצת יותר מאשר מאורך היממה שלנו. הפרש זה של 40 דקות מירר את חיי המדענים והمهندסים בחודשים הראשונים של המשימה מפני שהם חיו על כדור הארץ על פי שעון מאים — יום העבודה שלהם זו כל יום ב-40 דקות (icutן חזרו כולם לעבודה סדירה מ-08:00 עד 17:00...). הבדל משמעותי נוסף בין כוכבי הלכת הוא שהאטמוספירה של מאדים דלילה פי 1,000, בערך מזו של כדור הארץ, ורובה מורכבת מפחמן דו-חמצני.

לו ישבתם בחללית המקיפה את מאדים והתבוננתם בכוכב הלכת, הייתם רואים מדבר חום-אדום המקיף את העולם כולו מלבד שתי כיפות קרח בקטבים. כיפות הקרח אלה מכילות פחמן דו-חמצני מוצק ("קרח ביש") וכמויות בלתי מבוטלות של מים קופאים. אין שם סימן למים נזליים על פני השטח. מהם אם כן הכוחות הפועלים המעצבים היום את פני השטח של מאדים? התשובה ברורה: רוח ואבק. האטמוספירה הדיללה עשויה לעיתים להיות סוערת מאוד: סופות דמיות טורנדו מנשבות ללא הרף וטופות המזקרים הוריקן יוצאות באביב מכיפות הקרח של הקוטב הצפוני, מעיפות כמויות עצומות של אבק והופכות במהירות לסופות חול. לעיתים מתחברות כמה סופות חול אלה לסתופה גולובלית אחת גדולה, המכסה את כל פני השטח. כשהאבק שוקע הוא מכסה את הכל ולבן אחד מכל העבודה החשובים של "ספיריט" ו"אורופרטוניטי" הוא כל לשיפוע ולקדיחה של פני השטח של הסלעים והוא נועד, בין השאר, לנוקות אותו מן האבק המכסה.

ומה עם מים?

כיום אין מים זורמים על פני השטח של מאדים, ובתנאים השוררים שם היום מים אינם יכולים להתקיים על פני השטח לאורך זמן. החלץ השורר על מאדים נושא מערכ הלחץ בנקודה המשולשת של דיאגרמת הפאזה של מים (שבה מתחקים מים בשווי משקל שלושת מצביו הצבירה), ולכן עובר המראה ישירות לאדי מים.



היגיולוג הרובוטי "ספיריט" בעיניו רוחו של האמן.

הו מים נזליים על פני מאדים. שני אתרי הנחיתה, המצויים משני צידי מרד, נבחרו אףו באשל ההשערה שהסיסטי נמצא בהם עדויות למים הוא גדול והנחיתה בהם בטוחה. רכב הנחיתה הראשון, "ספיריט", נחת במכתש גוסב (Gusev Crater) — מכתש ענק בקוטר 200 קמ', שנוצר מפגיעה מטאור. אל המכתש מוביל קניון ענק בגודלו של הקניון הגדול של ארצות הברית הקרויה בשם העברי עמק מאים (Ma'adim Vallis). המדענים מעריכים שב עבר הרחוק הוביל הקניון מים אל תוך מכתש גוסב שהיה אפוא, לפני ההשערה, אגם גדול. "אורופרטוניטי" נחתה בלב מישורי מרידיאני (Meridiani planum), מרחוק שערכו לוינאים המקיפים את מאדים, גלו בו ריכוז של המינרל המתיט. על פי ההשערה מינרל זה נוצר בסביבה מיימת.

עולם יבש וסחוף רוחות

"ספיריט" ו"אורופרטוניטי" נחתו על כוכב הלכת הדומה ביותר לכדור הארץ במערכות המשמש ובכל זאת שונה ממנו לגמרי. מאדים קטן יותר, קוטרו כמחצית מ⊕ כדור הארץ, ולפיכך כוח המשיכה בו קטן אף הוא. המרחק של מאדים מן الشمس גדול פי 1.5 מן המרחק של כדור הארץ ממנו, ולכן שוררת על פני טמפרטורה ממוצעת נמוכה יותר מזו של כדור הארץ והוא -55°C . מאדים נושא על צדו בהזיהת קרובה לזה שבה נושא גם כדור הארץ, ולפיכך חלות גם בו ארבע עונות השנה, אם

אכן כיסה אוקיינוס את הצפון, במיוחד לאור העובדה שהאטמוספירה מורכבת בעיקר מפחמן דו-חמצני, והעדרם מתגור את תומכי מודל "מאדים הכהול". יותר מכך, חלק מן המינרלים הגעשיים שמצוים במשורי הצפון, כמו למשל המינרל אוליבין (שצבעו כען הדיזיט), נחשבים עדות לסבירה יבשה דזוקא ואינם מתקיימים לאורוך זמן בנווכחות מים.

רק נזודה אחת חרגה מן התבנית הזאת – מישורים כהים מוזרים למראה באזור קו המשווה, זורעים במכתשים שלוליהם בולטים בסלעים בהירים במיוחד. המישורים משכו את תשומת לבם של המדענים מפני חשישני הלויינים קלטו אותן ספקטראלי המאפיין את המינרל המטיט (Hematite), מינרל אפור מותכתית של ברזל חמוץני (Fe_3O_4), שנוצר על כדור הארץ על פי רוב בנווכחות מים. האות הזה משר את מדען נאס"א ולבן הם בחרו במישורים האלה, מישורי מרידיאני, כאשר הנחיתה של "אופורטוניטי".

רובוטים מצודים היבט

המטרות המדעיות שהציבה נאס"א למשימה הרובוטית היו כאמור כימיות-גיאולוגיות ובעיקר לחפש ולאfineין סלעים שמרמזים על קיום מים בעבר, במיוחד מינרלים שנוצרים בנווכחות מים, לחפש רמזים לתנאים הסביבתיים מן הימים שבהם היו מים על מאדים ולקבוע אם הם יכולים לתמוך בקיום חיים.

כדי להשיג מטרות אלה מצויד כל רובוט בציוד שלא היה מביש גיאולוג אונשי. המראה הכללי של הרובוט מצoir יותר ממטר מעלה הקרקע, מותקנת מצלמה פנורמית כפולה המסוגלת לצלם תמונות תלת-ממדיות ברוחולציה גבוהה של הסביבה. המצלמה הזאת מסוגלת גם לעורן ניתוח ספקטראלי של האור המוחזר ולספק לפיקר מידע חשוב לאנליה כימית.

"צואר האוז" נשא גם חיישן אינפרה-אדום הקרויה mini-TES שמסוגל לנתח את הפליטה התרמיית של הסלעים והקרקע ולסייע בבדיקות אטמוספריות. על התווך מותקנת גם מצלמת ניוטו שעוזרת ל"נהג" היושב

וקרת אכן קיים. חלליות המקיפות את מאדים אישרו בשיטות ספקטראליות שקרה מצוי לא רק בכיפות הקרים שבבקטבים עצם אלא גם קבור מתחת לשטחים נרחבים סביבם. האם היו המים האלה אי פעם נזליים? כל המתבונן בצלומי לווין של מאדים יוכל לראות להבחין בתוואי שטח שנראים כערוצים יבשים שנוצרו על ידי מים. העורץ הגדל ביותר, ואليس מרינרים (Valles Marineris), רחב פי 8 מהגרנד קניון של ארה"ב, עמוק ממנו פי 4, ואורך מרכזיו שמניו יורק ללוס אנג'לס. אינספור נקיקים אחרים הנראים בתצלומים כנחלי אכזב, חוזים את פני השטח וחוזים את נתיבם דרך תצורות קורקע הנראות כסלעים שככתיים, סלעים המזכירים סלעים משקע ימיים על כדור הארץ. אפילו בולט נוסף של הטופוגרפיה הגלובלית של מאדים הוא ההבדל בין צפון מכתשי מטאורים (ומזכיר במשחו את פני הירח), הצפון נמוך יותר, ישר ומישורי. נראה כאילו משה חילק את פני השטח. ואليس מרינרים, למשל, מתחילה את דרכה ברמות הגבוהות המונומורחות הרו געש עצומים (הכבדים עתה) ו"נשפר" אל המישורים הצפוניים.

כל העדויות הטופוגרפיות האלה הביאו את המדענים לפיתוח המודל המכונה "מאדים הכהול". על פי מודל זה היה צפון כוכב הלכת מכוסה לפני ארבעה מיליון שנים באוקיינוס גדול שנחרות הובילו אליו מים מהרי הדרום. איש אינו יודע אם ירד אי-פעם גשם או שלג במאדים, או אולי נבעו המים מן הקרקע. אין גם תשובה לשאלות כמו כמה זמן היה האוקיינוס ההיפוטטי הזה קיים? אם הייתה פעילות המים לצופה ומתונה אז התבטאה בפרצים של שיטפונות אדרים? והשאלת הגדולה מכלן: لأن נעלמו כל המים?

אבל אל מול העדויות הטופוגרפיות, שנראות במבט ראשון חד-משמעות,عمדו עדויות כימיות-גיאולוגיות שסתרו אותן. מדידות בחישבה מרוחק הראו שפני השטח של מאדים בצלתיים בעיקרם. תוצאות דומות התקבלו גם מאנליה כימית של הסלעים שערכו רכבי הנחיתה הקדומים. בצפון בולט העדרם של מינרלים פחמתיים (קרובונטיים), כמו גיר למשל, שהיוו מצפים להם, אילו



גם מצלמות רחבות זווית המאפשרות ציהוי מכשולים הרובוטיים מסוגלים ל�크ודד היטב גם בנסיעה לאחרו.

ים המלח של מאים

"אופורטוניטי" הוא הרכב השני שנחת בסוף ינואר 2004 ונמצא בתוכנית מ"ספיריט". כבר מן התמונות הראשונות ששירת הרכב מישורי מRIDIANI היה ברור שהמשימה מיוחדת במינה ו שונה מכל הקודמות לה. הנוף היה שונה מיחד במין ו שונה מכל הקודמות לה. הנוף היה שונה מכך מה שנראה עד כה ממאדים – לא עוד מישורים סלעים אלא קרקע נקייה כמעט מאבנים, צבע אדום כהה, כמעט בורדו. סבב לאותה הנחתה נרא בבירור סימני קרויות האויר שהטביעו עיגולים מדוייקים באבן האדום והדק. אבל יותר מכל הדhips את המדענים חצי שחר של סלעים שנתקפו את החלילית – סלעים בהירים ועשויים, ללא ספק, שכבות שכבות. היו אלה הסלעים הראשונים שנראו אי-פעם במאדים במקומות היוצרים. במקומות אחרים נחקרו עד כה רק סלעים שהיו מונחים על הקרקע או קבורים חלקית ושנישאו לשם בפעולות געשיות או אולי בשיטפונות.

התברר שלאחר שהחלילית צנחה על המישורים החלקים היא קיפצת והתגלגלת עד שנפללה לתוך מכתש קטן בקוטר של כ-20 מטר ובעומק של כשני מטרים. היו שהעירו בבדיקות הדעת שאפשר להכנס את הטישה ואת הנחתה לספר השיאים של גינס כחבות הגולף המדוקיקת הארוכה ביותר בהיסטוריה – הישר לגומה. המכתח נוצר מפגיעה מטאור שניקב את שכבת הסלע הבהירה וחשף אותה. גודל המכתח שכונה בשם "איגל" (Eagle), עומקו וגובה הסלעים שמקיפים אותו (כ-30 סמ') היו אתר נחיתה אידיאלי ומקום מצוין להתחילה בבדיקות הכימיות והגיאולוגיות.

בקוליפורניה לנוט את הרכב. עוד מצידם הרכבים בתוכנת מחשב המאפשרת להם לבחור בעצמם את הנטייה הבטוח ביותר, בגבולות בטיחות מוגדרים מראש, התוון מתנסה מעל "כנפיים" רחבות המשמשות כקוטלי שמש. על הכנפיים מותקנות גם אנטנות השידור וטבלת צבעים לכילול צילומי הצבע הדיגיטליים.

בחזית מותקנת זרוע רובוטית מתחכמת בעלת כמה פרקיים המאפשרים לה לבחון מקרוב כל סלע מכל זווית. בקצה הזרוע מותקן מכשיר שיזוף וקידחה המחליף את פטיש הגיאולוגים המפורסם. המכשיר מסוגל לנוקות את הסלעים מאבק ואך לקדוח עיגול בקוטר כמה סנטימטרים ובעומק של כמה מילימטרים כדי לחושף את פנים הסלע. השוואת האנליה הימית של פנים השטח מול פנים הסלע מאפשרת הבנת תהליכי הבלתי שהסלע חשוף אליהם. על הזרע מותקנת גם מצלמה המאפשרת צילומי תקריב עם יכולת אבחנה של פרטיהם בסדר גודל מילימטרי. אין מדובר במיקרוסkop, ולכן אין אפשר להבחן בעדרתו במאובנים של מיקרו-ארגוניים. גם אם אלה אכן קיימים.

שני ספקטורומטרים משלימים את הצד לאנליה כימית:
1. ספקטורומטר קרני אלפא-קרני X (APXS), המאפשר אנליזות יסודות. המכשיר משגר חלקיקי אלפא שגורמים לפליטת קרני X אופייניות לכל יסוד. 2. ספקטורומטר מושבאי שמסוגל להבחין בין מינרלים שונים של ברזל הנפוצים בסלעים ובקרקע של מאים. בנוסף לכל אלה מצידת הזרע במוגנים שימושים מינרלים מגנטיים ואוסףים אותם לאנליה.

הרובוט נושא על שישה גלגלים בעלי אחזקה טובה במיוחד המאפשרים עבריות טובה. בחזית ובעורף יש



פנורמה מאתר הנחתה של "אופורטוניטי" בתוך מכתש "איגל", מראה את הסלעים השכבותיים המבצעים מקרוטוני.

אף הוא וגילה מינרל גופרתי נספּי, ג'רוסיט או אשלגן ברזל גופרתי הידרוקסידי $(\text{HO}_4\text{Fe}_3\text{SO}_4\text{K})$. המינרל הזה נדר על פני כדור הארץ, אבל גם הוא מעיד על סביבת השקעה התנדפתית.

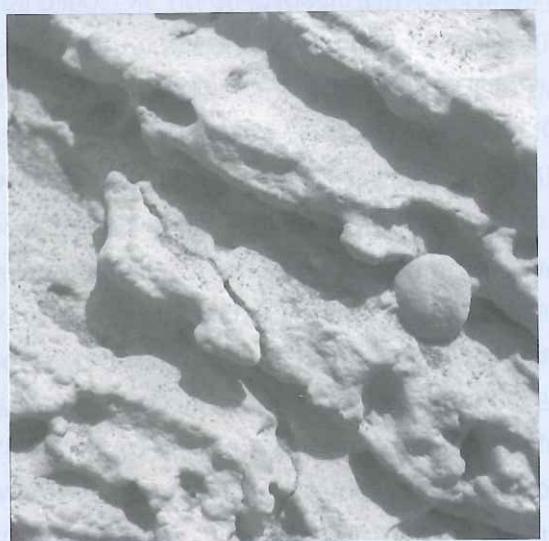
אליהו היסודות הושפה עדות נוספת נספּת לתהילו ההתקנופוטי: ריכוז יוני הברום הולך ועולה עם העומק. מינרלים של ברום מיסים פחות ממינרלים גופרטיים וכן שוקעים קודם — או בשכבות עמוקות יותר. עדויות גיאולוגיות הרואו שהמים לא היו מי-תהום אלא כיסו בפועל את פני השטח.

כל זאת הביא את מדעני נאס"א הנרגשים להכריז על קר שמיורי מרידאני הוי מכוסים פעם בים מלוח, שהיה שהשו אותו לים המלח "שלנו". על קרקעתו של הים הלאו והצטברו שכבות הסלע הדקות עד שהם יבש לגמרי. אחר כך באו מטאורים ופערו חורים עגולים בשכבת הסלע. רצתה הגורל, והנציגים הרובוטים של בני האדם, בביוקם החמישי עלי אדמות מאים, מצאו את עצם בחור שכזה.

לשக בצדירות

אבל נותרה עוד חידה: כאמור, אוטות ספקטרליים שנקלטו מן החלל הצבעו על קיום כמותות גדולות מאוד של המינרל המטיט במישורים. אבל שכבות הסלע במקתש "איגל" אינן מכילות המטיט. היכן אם כן מצוי המינרל?

החשד נפל על מיליון הצדירות אפורות כהות שקיוטן מגיע לסנטימטר אחד בערך והן פזורות על פני מישורי מרידאני ובקרקעתו של מכתש איגל. הצדירות, שהמדוענים מכנים בחיבה Blueberries (אוכמניות) בשל צבען וצורתן, נמצאו נמצאות גם בין שכבות הסלע ובתוכן, ושם הן ננראות גם מוצרא. בדיקות גיאולוגיות הרואו שכן נוצרו כמינרלים מומסים במים התגבשו סיבוב מרכז גיבוש בתוך הסלע (concretions). אחר כך, כשהסלעים נשחקו, נפלו הצדירות הקשות והתפזרו על פני השטח.



תקריב של שכבות סלע במקתש "איגל". מימין כדוריות המטיט תקועה בשכבות.

לאחר שהרכיב חזקף, מתח את צווארו, שלח את גלליו וכיוון את האנטנות התחילה מחקר ארוך ומקיף של הסלעים שנמשך כמה שבועות והוכיח שמיורי מרידאני הוי מכוסים בעבר הרחוק בים רדוד, חמים, מלוח וחומצי שהלך והתייבש. תוך כדי התיבשות שקוו שכבות הסלע בהירות שגראות מסביבו לאטר הנחיתה. שכבות השקעה אלה, המכונות סביבות השקעה התנדפתיות או אופוריטיות, מאופיינות במינרלים שהמסיסות היחסית שלהם גבוהה, וכך הם שוקעים רק כשהcameut כל המים מתנדפים. מינרל אופיני כזה על כדור הארץ הוא גבס (Gypsum) — הידראט של סיידן גופרתי ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) — שקיים מעיד על ים או אגם מלוח שיבש. אליהו היסודות על מאים הרатаה שהסלעים עשירים ביונים גופרטיים ומיכלים מינרל דומה מאוד לגבס — קיזיריט — הידראט של מגנזיום גופרתי ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). אפשר לומרשמי הגבש במינרל הם המים הראשונים שנתגלו אי פעם על פני השטח של מאים (מלבד הקרה באזורי הקוטב). כshawlog מוצא קיזיריט על פני כדור הארץ, הוא יפרש את קיומו בדרך כלל כעדות לכך שהוא נוצר בסביבה ימית מלוכה באחור צחית.

ספקטורומטר מוסבאוואר, כאמור רגש לבזל, תרם

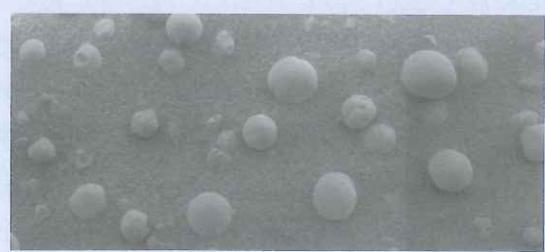


"אופורטוניטי" אל המישורים מסביב שהוא חלקים וקלים לתנועה. אחת המפעילות השוותה את הנסעה עליהם לנסעה על מגרש חניה. אבל באופן הסתמן בבירור היעד הבא ימכתש גדול הרבה יותר שկבל את השם "אנדרנס" (Endurance). תצלומים מן החל הראוי שהוא גדול מ"איגל". פִי עשרה: קוטרו כ-130 מ' ועומקו כ-20 מ'.

הمعدנים ויתרו על כמה מטרות מעניינות במישורים, ואופורטוניטי" מיירה ל"אנדרנס" והגעה אליו בראשית Mai 2004. המראה היה מריהיב — מעגל של סלעים משקע שכבתיים בעומק כמה מטרים, חלומו הרטוב של כל גיאולוג. סלעים אלהאפשרים לקבל רצף גיאולוגי של אלפי שנים, והם עשויים לענות על שאלות כמו: כמה זמן היה האזור שרו תחת מים? האם היו ישנים בהרכbam? ועוד. כל זאת בתנאי ש"אופורטוניטי" מסוגלת לדודת במדרון התולול...

לאחר התוצאות הנדרסיות קשות ירד הגיאולוג הרובוטי באמצעות יוני אל תוך המכתחש — חנות עצועים של ממש לגיאולוגים. חזי שנה חקר הרובוט את הסלעים המכתחש ואסף עוד ועוד נתונים על הים הקדום. רק בתחילת דצמבר 2004 יצא משם בדרכו ליעדים חדשים. ממצאים אחרים נעלמו מבדיקה הסלעים המונחים בקרקעית, מראים שייתכן שהאזור עבר "airoou רטו" נספף לאחר הייצור המכתחש. ואולי בזמן מן הזמנים הייתה בו ברכה קתנה — שכן הסלעים שעל הקרקעית מכוסים בצורות מצולעות שמצוירות בוז ובש שהתaben. בסוף 2004 בחשו עורך כתב העת Science בתגליות של "אופורטוניטי" במאדים כפריצת הדרך המדעית של

השנה.



תקריב של כדוריות האבן הקטנות המכונות "blueberries". מיליון כדוריות כאלה המורכבות מינימרל המטיט, פזרות על פני מישורי מרידיאני.

עם קיומן של כדוריות חזק את העדויות למים, אבל אנליזה כימית שלן הייתה בעייתית בשל מידותיהן הזרזיות. שלא התאפשר לבדוקם במכשירים שעלו הזרע הרובוטית הפתרון נמצא בסלע שכונה "צולחות האוכמנות", שם שמעיד על צורתו. הרובוט כיוון את ספקטורומטר המושבאו אל שקערות הסלע שבה הצטברו כדוריות אחדות ומדד את הספקטורום הכללי המתkeletal מאטומי הברזל. לאחר מכן הושט המכשיר כמה סנטימטרים משם ומדד אחריו אחר בסלע שהיה נקי מכדוריות, כדי לקבל ספקטורום ורקע. החסרת ספקטורום הרקע מספקטורום ה"צולחות" סייק ספקטורום חדש של כדוריות עצמן, ספקטורום שאי אפשר לטעת בו — המטיט. מיליון כדוריות המטיט קתנות הן המקור לאות הספקטרלי שקלטו הלוויינים המקייפים את מאדים ושביאו את המمعدנים הפלנטריים לבוחר דוקא במישורי מרידיאני בתחוםו למצוא עדות למים — ואכן אותן לא אבד.

בין שני מכתחשים

לאחר כחודש מריעש מבחינה מדעית במכתחש "איגל" צאה



פנורמה של מכתחש אנדורנס (Endurance) שבו מצויה "אופורטוניטי" בעת כתיבת המאמר.

שנוצרו על ידי גוף מים גדול כמו במישורי מרידיאני, אלא רק בסלעים שנחשפו בעבר למים. על הגבעות נתגלו גם סלעים שכבהתיים, והמחקר שלהם נמצא בעיצומו.

לקראת המשך חורפי

שני הרכבים נחתו על מאדים באזורים שבהם היה הקיז בעיצומו. היום, כמעט שנה (של כדור הארץ) לאחר מכן החורף הולך ומשתלט על האזור, ועוצמת קרינת השמש פוחתת בהדרגה וכך גם האנרגיה הזמין לרובוטים. מספר הפעולות בהם מסוגלים לבצע הולך ופוחת, והם מבלים שעות אחדות ביום ברכיבה בשמש כדי "לצבר" כוחות. ב"ספיריט" מתגלות מדי פעם תקלות בגלגים ובמערכת הניווט שנגרמו כתוצאה מהഗיל המופלג שלו. הגיעו הרכבים.

נכון לומר כתיבת שורות אלה עזבה "אופורטוניטי" את מכתש "אנדרונס" כדי לחקור את המישורים שבסביבה. "ספיריט" תמשיך לטפס ולפלס לעצמה דרך במודדות התלולים והסלעים של גבעות "קולומביה". הזמן יעשה את שלו, והרובוטים יפסיקו לפעול, אבל כבר עכשו הם שינוי את כל מה שידעו על מאדים — שakan היה פעם, לפחות במקומות מסוימים, פחות אדום יותר כחול. תוכאות המחקר של שני-Cal הרכב ייעזרו בבניית החליות של השיטים הקרים והכוכנתן. ובעתיד הרחוק — התכנית לחקר מערכת המשמש שעלייה הכריז הנשיא בש אמורה להביא בעוד כעשרה שנה גם בני אדם למאדים. רבים מפקחים בכיר, אבל שני הרובוטים הקטנים שעדיין זוחלים על מאדים מלבדים שנחישות, תושייה, כישרון ולא מעט מזל יכולים להביא הישגים גדולים.

כל התמונות והאיורים הם מתוך האתר של נאס"א.

לקראת נוספת

אתר המשימה של נאס"א באינטרנט:
<http://marsrovers.jpl.nasa.gov>

"הנופים המסתוריים של מאדים" מאות ארדן ל' אלבי, סינטיפיק אמריקן ישראל, דצמבר 2003 – ינואר 2004, עמוד 20.

"הבא של ספיריט ואופורטוניטי" מאות דיוויד אף, סינטיפיק אמריקן ישראל, פברואר 2004, עמוד 66.

ובינתיים בצד השני של מאדים...

בעוד ש"אופורטוניטי" כובשת כתרות, נחבה "ספיריט" אל הצללים. בתחילת, כמה ימים לאחר הנחיתה, התגלתה בה תקלת מחשב חומרה שהשביתה אותה כמעט לגמרי. מבצע מזהיר של תיקון מחשבים בין-כוכבי החזיר את הרובוט לפועלה. לתשומת לב כל טכני המחשב שבאים אליו הביתה ולאחר כמה שעות מודיעים ש"אין ברירה חיבים להחליף את לוח האם...".

כזכור, "ספיריט" נחתה בלב מכתש גוסב הענק שעל פי הסבריה היה בעבר הרחוק מלא מים, והמדענים קיוו שהסלעים שעל קרקעינו יעידו על כך. אבל כבר באנויזות הכימיות הראשונות התבגרו שהמישורים זרעו הסלעים והאבנים הם מישורי בזלת שהוא יבשים מאד ומתמיד. התקאות התמקדו אפוא ברכס של גבעות נמוכות שנראו למרחוק של שלושה קילומטרים מאתר הנחיתה. הרכס קיבל את השם "גבעות קולומביה" לזכר צוות מעבורת החלל שנספה בהתרסקות, וכל אחת מפסגתו קיבלה את שמו של אחד האסטרונאוטים, ובמה אילן רמן ז"ל. רכב הנחיתה של "ספיריט" גם נשא לוח זכרון קטן הנושא את שמות הנספים מתחת לדגל האמריקני, כשל יד שמו של רמן הוטבע גם דגל של ישראל. המרחק בין אתר הנחיתה לבין גבעות קולומביה וזמן ההגעה אליו חרגו מהתכנון המקורי של המשימה. אבל מהנדסי נאס"א, שהוכיחו שוב ושוב תושיה, הגדילו את מהירות הנסיעה והרכבים הוכיחו עמידות מרשימה, והם ממשיכים לתפקיד גם שנה לאחר הנחיתה. וכך, לאחר נסעה ארוכה וקשה של חודשים הגיעו "ספיריט" אל הגבעות וחילה לטפס עליהם.

כבר בדרך התגלו כמה סלעים בזלת שעוזדו את המדענים מפני שהראו סימני בליה על ידי מים. על הגבעות עצמן התגלו סלעים שונים ומשונים, שדרך הייזוריהם אינה ברורה דיה. אבל דבר אחד ברור — כל סלע הבלתי שנבדקו עד היום על הגבעות מראים סימנים של בליה או שנייני גיאולוגיים בהשפעת מים, ואף מינרלים כגון המתיט וגייאוטיט הנוצרים בסביבה מיימת. הרכב כימי זה עומד בניגוד לזה של רוב הסלעים שנבדקו במישורים שלרגלי הגבעות. כפי הנראה, אין מדובר בסלעים משקע

