

הרחבת תחום החירות, או: מדוע קשה כל כך להבין את גאיה

ברונו לאטור, טימותי לנטון

מהשערת גאיה עולה שהמצב היציב של כוכב הלכת שלנו כולל את האדם כחלק מישות דמוקרטית מאוד, או כשותף לישות כזאת (ג'יימס לאבלוק).

מאז פתח דיפּש צ'קרבּרטי את תיבת פנדורה של הגדרת האנושות בימי האנתרופוקן, התעוררה השאלה כיצד לכוּנן מחדש את הרצף שבין תחום הכורה (הטבע) לתחום החירות (החברה).¹ במאמר זה נטען שהחירות, במובנה כיכולת לציית לחוקיך שלך – כלומר האוטונומיה – עשויה להציע מסד משותף לפוליטיקה אקולוגית, ובתנאי שנשנה כמה מתפיסותינו השכיחות לגבי הרכבו של המונח גאיה. לשם כך נרצה להתבונן באופן חדש בגאיה כפי שהציגו אותה ג'יימס לאבלוק ולין מרגוליס, בהתבסס על הידע שהצטבר במדעי הטבע והחברה מאז נולד המונח.

* Bruno Latour and Timothy M. Lenton, 2019. "Extending the Domain of Freedom, or Why Gaia is So Hard to Understand," *Critical Inquiry* 45, pp. 659–680

** תורה על שלל תובנות מועילות שתרמו לנו משתתפי הכנס שנערך בוונציה בספטמבר 2017 מטעם Fondazione Cini, תחת הכותרת "What's the Body of the new Body Politic"; וכן לביל בראון, דיפּש צ'קרבּרטי, ברוס קלארק, סבסטיאן דוטריי, דורותיאה היינץ, בטיסט מוריזו וסיימון שאפר על הערותיהם למאמר זה. Lovelock 2000a, 137 לקוח מתוך

1 צ'קרבּרטי צודק בטענתו שכל הקשיים ברתימת הון פוליטי לסוגיות אקולוגיות נובעים מהיעדרו של קנה מידה משותף להיסטוריה הגיאולוגית ארוכת הטווח ולהיסטוריה האנושית קצרת הטווח; ראו Chakrabarty 2009.

עמדה מתקבלת על הדעת, אבל בלתי מקובלת

הדיון הציבורי על מצב כדור הארץ נתון כעת במצב פרדוקסלי. מצד אחד, כל המעורבים בפוליטיקה של האקלים מקבלים את הטענה שכדור הארץ מתנהג כמערכת מווסתת שמעשי האדם דחקו אותה באופן מסוכן אל מחוץ לתנאי הפעולה הרגילים שלה; מצד שני, ההשערה כי כדור הארץ הוא אמנם מערכת המווסתת את עצמה עדיין שנויה במחלוקת קשה, ומרבית בני האדם אינם מקשרים בין הרעיון של ויסות כדור הארץ ובין "גילוי" גאיה בידי לאבלוק ומרגוליס. האופק המשותף לפעילות פוליטית ולמחויבות מוסרית – כדור הארץ כמערכת שהשתבשה, שצריך להשיבה על כנה באמצעות ויסות פעילותו של האדם – נותר אפוא רעיון אינטלקטואלי ומדעי מקומי ושנוי במחלוקת.

הסיבה לפרדוקס הזה היא שהשערת גאיה אומצה בהתלהבות רבה מדי או נדחתה בספקנות רבה מדי, ובשני המקרים – בלא ניתוח מדויק של תכניה. אין להתפלא על כך, משום שסדר וויסות שניהם מונחים שמתייחסים הן למדעים הן לפוליטיקה. מי שבטוחים שיש סדר כלשהו בוויסות כדור הארץ, ומי שמבחינתם נותר הדבר בגדר מטפורה מעורפלת, אולי לא בחנו מקרוב את הדרכים המסוימות שבאמצעותן הוצגה גאיה. בין שבאו מתחום הפילוסופיה ובין שבאו מתחום המדע, נראה שתיקו את הטיעון כולו בתוך מגירה שהתאימה לתפיסותיהם המוקדמות לגבי האופן שבו הטבע אמור לשלוט, במקום להיות קשובים למקוריות של התופעה המוצגת לבחינתם.² התוצאה היא שחצי מאה מאז הופעתו של המונח, עדיין קשה למצוא לגאיה הגדרה שהתקבלתה תהיה רחבה דיה.

יש כמובן סיבות טובות לכך. הסיבה הראשונה היא שכל תופעה חדשה מוגדרת מתוך השוואה למצב מוכר כלשהו, אבל גאיה היא תופעה ייחודית – לפחות כל עוד אין לנו הוכחה לקיומו של כוכב לכת אחר שהחיים שינו אותו, שיספק לנו בסיס כלשהו להשוואה. אין פלא אפוא שמטפורות אינן מועילות כל כך להגדרתה של גאיה: אם גרסה כלשהי נראית מספקת, כי אז אין ספק שהיא שגויה. אי־אפשר להתמקד בספציפיות שלה רק באמצעות התבוננות בטבע בכללותו. ומכאן אי־ההבנות הרבות שהצטברו לאורך השנים סביב הרעיון שכדור הארץ הוא חי, שהוא אורגניזם, סופר־אורגניזם, מכונה, מכשיר קיברנטי לבקרת משוב, ספינת חלל, גוף פוליטי וכן הלאה. אפילו התפיסה המתונה יחסית של "מערכת" אינה אלא דימוי שברירי, למרות הביטוי השכיח היום "מדעי מערכת כדור הארץ" (earth system science) – הביטוי הנקי המשמש לעיתים כדי להימנע מלנקוב בשמה של גאיה באופן מפורש מדי (Lenton 2016). למרות התפיסה המקובלת למדי שלפיה מדעי כדור הארץ החליפו את הרעיון של גאיה, אנחנו טוענים שחשוב להבדיל

2 ראו למשל איך עבודתו הפילוסופית של מייקל רוז והעבודה המדעית של טובי טירל מחילות על גאיה של לאבלוק תפיסה הוליסטית בלי לנסות להבין את מקוריותה (Ruse 2013; Tyrrell 2013).

ביניהם. בפרט, גאיה צמחה והתפשטה במרחב ובזמן מתוך מערכת כדור הארץ הקיימת. למרכה הפלא, הגדרה של תופעה כזאת דורשת מעין גיאולוגיה נגטיבית שמזכירה את התיאורים האפופטיים, על דרך השלילה, ששימשו תיאולוגים כשניסו לבחון את ייחודיותו של האל (Gilson 1925).

הסיבה השנייה לקושי בהבנת גאיה היא שלא ברור אם מדובר בגילוי של תופעה חדשה או שמא בהצגה מדעית ופילוסופית של דרך חדשה להתבונן בכלל התופעות על פני כדור הארץ. כפי שהראה סבסטיאן דוטריי כאשר בחן בקפידה את התפתחותה ההיסטורית, גאיה היא השערה, תיאוריה שניתנת לבדיקה, סיכום של עובדות ספציפיות ביותר, תפיסת עולם ופילוסופיה של הטבע – כל אלה גם יחד, בעת ובעונה אחת (Dutreuil 2016; 2018). חלק ממקדמיה אף טוענים שאולי מדובר בדת או ברוחניות חדשה. האי־ודאות הזאת מסבירה את הטווח הרחב של התגובות המתעוררות למשמע המילה גאיה.

מטרת המאמר הנוכחי היא שלא להחליט מהר מדי ממה מורכבת גאיה, משום שלטענתנו, תגליתם של לאבלוק ומרגוליס עשויה להיות ייחודית לא פחות מן האובייקט שניסו לתאר. במילים אחרות, גאיה עשויה להיות שמו של שינוי בהבנת הגישה לתופעות רבות שקובצו בעבר יחד תחת הרעיון של הטבע. לכן אנחנו – האחד ממדעי החברה והשני ממדעי הטבע – משלבים כוחות כדי לשמור על האפשרות הפתוחה שמדובר בשינוי במה שאפשר לכנותו תפיסת עולם, כלומר בפיזור של תכונות שמשפיעות על המדע וגם על הפוליטיקה, המוסר והאמנויות; בקיצור, שינוי פרדיגמה תרבותי, שממדיו דומים לזה שהתחולל בימי המהפכה המדעית של גלילאו.

למעשה, שינוי זה בתפיסת העולם הוא שמצדיק את השימוש הבלתי מצטדק שלנו במונח גאיה בדברים שיבואו להלן, לא למרות המטען המיתולוגי של המונח אלא דווקא בגללו. מדענים רבים מעדיפים את המונח "מדעי מערכת כדור הארץ" משום שהוא נמנע מכל קשר למיתולוגיה ולבעיה של תורת האבולוציה; אבל אנחנו מצידנו סבורים שבהיותה של גאיה תופעה ייחודית, מגוון המשמעויות של המילה משמר משהו מן הרדיקליות הנחוצה כדי שגם המדע וגם החברה ייאלצו להתמודד עם "אקלים ההיסטוריה" החדש (Chakrabarty 2009). אף שיש לה בעצם אטימולוגיה זהה לזו של המילית גיאו, כאשר משתמשים בה כתחילית במילים כמו גאיה־לוגיה, גאיה־גרפיה, גאיה־כימיה או גאיה־פוליטיקה, גאיה ממקדת את תשומת הלב בייחודיותו של המצב הנתון – ייחודיות שלדעתנו לא משכה די התייחסות.³ את מה שהתחילית גיאו ממעיטה בערכו או מתעלמת ממנו, גאיה מכריחה אותנו להבליט מחדש.

3 למעשה, כפי שאחד מאיתנו הראה כבר במקום אחר, גאיה נושאת עימה מטען קליל וחילוני יותר בהשוואה לתפיסת הטבע המורכבת מאוד והרב־שכבתית; ראו Latour 2017a.

השערת גאיה היא בת זמנו של האנתרופוקן

כדי להבין את הייחודיות של גאיה, נוח לחשוב תחילה על המצב ההיסטורי שמתוכו נעשה ניסוחה. הוא היה יוצא דופן כל כך עד שתהיה זו טעות לנסות ולהתוות המשכיות רבה מדי בין גאיה ובין תפיסות קודמות בדבר שיווי המשקל או ההרמוניה שבטבע. הרעיון נולד בסביבה שסומנה על ידי מפץ של תשתיות טכניות ותעשייתיות חדשות לגמרי. לא זו בלבד שהרעיון התגבש לגמרי במקביל למה שכונה מאוחר יותר אנתרופוקן, אלא שהתיאור הראשון של גאיה אצל לאבלוק נתלה כל כולו על ניתוח האופן שבו התעשייה האנושית הצליחה לשנות את המאזן הכימי של כדור הארץ בקנה מידה עולמי (Bonnieuil and Fressoz 2016).

כפי שסיפר לאבלוק פעמים רבות (וכפי שדוטריי תיאר אחר כך בפרטי פרטים), הוא המציא מכשירים רגישים במיוחד, ובפרט את גלאי לכידת האלקטרונים, והדבר אפשר לו לכמת את ממדיו של הזיהום התעשייתי בדרך חדשה. המצאותיו שימשו לגילוי התפשטותם העולמית של מזהמים אנתרופוגניים, ובהם די־די־טי ואחר כך פחמנים כלורו־פלוואורידיים (CFC). המוניטין שקנה לו בתחום הנדסת המכשירים הם שהובילו את נאס"א לשכור את שירותיו כדי שיתכנן ניסויים לגילוי חיים עבור מה שהיו, לימים, מסעותיהן של גשושיות ויקינג למאדים. כידוע, "רגע אאוריקה" של לאבלוק, שבו גילה את גאיה, התרחש לדבריו בשנת 1965 כאשר עבד בנאס"א במעבדת ההנעה הסילונית בפסדינה שבקליפורניה (Lovelock 2001). מבחינות רבות, התוכנה שהגיע אליה – להתכונן בכדור הארץ כאילו ממאדים – ביקשה להרחיב ולהחיל על כל צורות החיים את האנלוגיה שלפיה הפרשות תוצרי הלוואי הכימיים שלהן דומות לאלה של מפעלים מודרניים.

בקצרה, גאיה התגלתה בעזרת רמה מסוימת של טכנולוגיה אנושית ומתוך מודעות עצמית להשלכותיה הפלנטריות של הטכנולוגיה הזאת, שצמחו במקביל לראשיתו של מה שנקרא לימים "ההאצה הגדולה" – אחד המועדים שנבחרו להגדרת ראשית האנתרופוקן (Waters et al. 2016). על כן, אם הרעיון של גאיה הוא ייחודי, הרי זה במידה רבה משום שנולד בעיצומה של הסביבה יוצאת הדופן של פריחת הטכנולוגיה המתקדמת והמשלחות לחלל אחרי מלחמת העולם השנייה (Diederichsen and Franke 2013). כמעט אפשר לומר שמבחינה מושגית רעיון האנתרופוקן קודם לגאיה, אף על פי שכמובן, כאשר מספרים את ההיסטוריה הארוכה של כדור הארץ, האנתרופוקן מתואר כלא יותר מאפיזודה קצרה בתוך ההיסטוריה העמוקה של גאיה.

לידה מקורית כזאת עשויה להסביר מדוע החיפוש אחר אבות קדמונים אינו מועיל במיוחד להבהרת החידוש. נעשו ניסיונות אחדים למקם את גאיה כחלק ממסורות קודמות של חשיבה מדעית, אך התברר כי אלה היו מטעים למדי. אין רצף בין גאיה ובין רעיונות ישנים יותר בדבר שיווי המשקל הטבעי או הסדר הטבעי. נכון שלאבלוק מציין ששאב השראה מן הרעיון של ג'יימס האטון שלפיו כדור הארץ דומה לבעל חיים המתקן את עצמו

(Rudwick 2005). אבל האטון תיאר את מחזור סלעי המשקע מבלי לייחס סוכנות מיוחדת לחיים, ובלא תפיסה ממשית של היסטוריה פרט לקיומם של מחזוריים אינסופיים. כפי שנראה להלן, בחירתו במטפורת בעל החיים – שימוש חוזר וגס בדימוי הישן של הגוף הפוליטי – לגמרי אינה מתאימה עבור גאיה.

מרגוליס העדיפה לראות את ולדימיר ורנדסקי כמבשר הרעיון, אבל לאבלוק מעולם לא הסכים איתה, ואנחנו תמימי דעים עימו. ורנדסקי אמנם כלל את כל צורות החיים תחת תחום הומוגני יחיד, הלוא הוא הביוספירה, אבל הוא לא ייחס להן סוכנות כלשהי, ועל כן כל אורגניזם יכול להחליף כל אורגניזם אחר.⁴ יתר על כן, למערכת שלו לא הייתה היסטוריה רבה יותר מלזו של האטון.⁵ היסטוריונים אוהבים רציפות ואוהבים לגלות מבשרים, ולפעמים קריאה בכתבי אלכסנדר פון הומבולדט או ורנדסקי אכן מזכירה את לאבלוק; אבל כידוע, מבשרים מתגלים לעיתים קרובות רק אחרי שירשיהם מאירים באור חדש, בדיעבד, תגליות שפעם נשאו משמעות אחרת.

בניגוד למבשרים הללו, החידוש שהביאה עימה תפיסת כדור הארץ בעקבות מאמצייה המשותפים של לאבלוק ומרגוליס התבטא בייחוס היסטוריות וסוכנות לכל צורות החיים. רוצה לומר, לאבלוק ומרגוליס הטילו על צורות החיים עצמן ליצור את התנאים הדרושים כדי לשרוד בזמן ולהתפשט במרחב. במובן זה, אפשר לומר שהן מצייתות לחוקים משלהן. מאלפת במיוחד העובדה שלאבלוק ומרגוליס הצליחו לעשות זאת משום שניגשו לבעיית כוכב הלכת משתי נקודות מבט מנוגדות – זו הפלנטרית הרחבה ביותר במקרה של לאבלוק, וזו התאית העתיקה והזעירה ביותר במקרה של מרגוליס.⁶ בכך התנתקו השניים במובהק מתפיסות ישנות יותר של סדר וויסות של כדור הארץ.

תפיסות קודמות של הטבע תמיד מיקמו את צורות החיים בתוך מסגרת רחבה יותר. יהא אשר יהא השם שניתן למסגרת כזאת – דיספנסציית ההשגחה של אלוהים, הברירה הטבעית הניאו-דרוויניסטית, חוקי טבע מכניסטיים לעילא, מערכות אקולוגיות, ביוספירה – צורות החיים תמיד נטלו את גבולותיהן ואת הגדרותיהן מאותה מסגרת רחבה יותר. הן לא נתפסו כמי שמייצרות עולם משלהן, או כמי שמשתתפות במשהו שדומה להיסטוריה.

4 ראו למשל כיצד חותם ורנדסקי את ספרו ביוספירה: "החיים נותרים יציבים בתכונותיהם היסודיות לכל אורך התקופות הגיאולוגיות, ורק צורתם משתנה. כל השכבות החיוניות (פלנקטון, קרקעית ואדמה) וכל הריכוזים החיוניים (החופיים, הסרגסיים והמים המתוקים) התקיימו מאז ומעולם" (Vernadsky 1998, 149).

5 המבשרת שהייתה אולי הקרובה ביותר לגאיה היא עבודתו של אלפרד רדפילד בנושא "בקרה ביולוגית על גורמים כימיים בסביבה" (Redfield 1958), שלכל הפחות תופסת נקודת מבט קיברנטית שלפיה גורמים חיים מקיימים תנאים נוחים להם.

6 את הקשר הזה סיכמו היטב לין מרגוליס וגרגורי הינקל: "אין מנוס מן המסקנה הבאה: גיאופיזיקאים ומדעני אטמוספירה חייבים ללמוד ביולוגיה, וביולוגים חייבים לדעת משהו על גיאופיזיקה ומדעי האטמוספירה. שנים רבות מדי תהו הכימאים של האטמוספירה 'מאין מגיע כל המתאן הזה', ואילו לביולוגים לא היה מושג 'לאן הולך כל המתאן הזה'" (Margulis and Hinkle 1991, 12).

במובן הצר, לצורות החיים לא הייתה סוכנות של ממש מול המסגרת שקבעה את סדרי הטבע. אבל עם גאיה של לאבלוק ומרגוליס אין סדר אחר, ולא כל שכן אין סדר עליון ביחס למה שאותם סוכנים השזורים זה בזה מייצרים מתוך שזירתם (Latour 2017b). לכן אנו סבורים שהדרך הטובה ביותר להבהיר שינוי כזה בתפיסת העולם היא להתנגד להטלתה של כל מסגרת נוספת כזאת. כפי שנראה, אין ספק שבגאיה יש סדר בעל השלכות פוליטיות; אבל אין זו אותה תפיסה של סדר שמשמעת מן התפיסה הקודמת של הטבע המנותק מן החברה. זה קו המחשבה שבעקבותיו נלך בהמשך מאמר זה.

להשתמש בכל האמצעים העומדים לרשותנו כדי לצייר את גאיה

ייחודיותו של המונח מסבירה את ריבוי הגרסאות שהציג לאבלוק לאורך קריירת הכתיבה הארוכה שלו. למען ההגינות, יש לומר גם שעצם הריבוי מסביר חלק מן הבלבול. ההיסוסים של לאבלוק היו עמוקים עד כדי כך שלעיתים תכופות הציג את גאיה כאינטואיציה, כהמצאה שמתנערת מהסבר לוגי ליניארי. את הכרתו בגאיה הוא דימה במפורש לתהליך שבו המציא מכשירים טכנולוגיים, שהשיגו את תפקידם הרצוי בלי להסביר כיצד בדיוק הם פועלים.⁷ פנייה זו להמצאה טכנית במקום להסבר מדעי עשויה להיראות מוזרה, אך למעשה היא חיונית להבנת השינוי שלאבלוק ניסה לבטא.

הסברים מכניסטיים כתפיסת עולם נראים אחרת לגמרי כאשר מציעים אותם מדענים, כאשר מציעים אותם פילוסופים, או כשממציאים משתמשים בהם לתיאור מעשה ההמצאה. נראה שממציאים מודעים היטב לכך ששום מנגנון אינו מתנהג באופן מכניסטי מרגע שמביאים אותו לעולם. משהו אחר פועל שם – צורה שונה שבה יש משמעות לסוכנות ולהיסטוריה (Law 2002).⁸ התעקשותו של לאבלוק להעמיד את ההנדסה ואת המדעים האקדמיים זה מול זה מסבירה את האופן שבו הוא מרבה מטפורות, זונח אותן ומשלב ביניהן כדי להתקרב למקורות של התופעה המדוברת.

גאיה אמנם מתוארת לעיתים קרובות כמערכת מורכבת, ובפרט כמערכת סתגלנית מורכבת (Levin 2005), אך הקטגוריה הרחבה הזאת אינה מצליחה לעמוד על כמה מתכונותיה הייחודיות. כמהנדס וכממציא, לאבלוק משתמש בטבעיות בשפת הקיברנטיקה לתיאורה של גאיה, ונעזר במונחים כמו משוב, הומאוסטזיס, ויסות עצמי ואופטימיזציה.⁹ אבל באותה מידה הוא משתמש בשפת הביולוגיה לתיאור הישות הנתפסת ותפקודה – במונחים כמו סופר-אורגניזם וגיאופיזיולוגיה. מרגוליס שבה ומזכירה לו כל העת, במפורש,

7 "אני ממציא. קל לי להמציא מכשיר המסדיר את עצמו – לשם כך אני מעלה אותו תחילה בעיני הדמיון... מבחינות רבות את גאיה, כמו את ההמצאה, קשה לתאר" (Lovelock 2000b, 11).

8 וראו גם את הדוגמה המאלפת של ביולוגים שחקרו את המבנה השלישוני של חלבונים (Myers 2015).

9 ברוס קלארק התמודד עם הבעיה הזאת (Clarke 2010; וראו גם Clarke 2015).

שגאיה איננה אורגניזם (Clarke 2012). פרט לכך, כחוקר רפואי לשעבר ובעל היסטוריה אישית יוצאת דופן בהקשר של סוגיות רפואיות (ועל כן כמעריץ גדול של רופאים ואחיות טובים), לאבלוק נמשך גם לשפת הרפואה כשדיבר על "רפואה פלנטרית", אף שאולי היה מבטל את ההשוואה הזאת מאוחר יותר (Lovelock 2000b).

הנקודה המרכזית בערבוב הדימויים המתמיד הזה היא הניסיון להימנע מן הקשר בין מנגנון ובין הרעיון שקיימת מכוונה במובן המסורתי, כלומר כזאת שנבנתה בידי מהנדס כלשהו שנמצא מעל ההמצאה ובצידה. לאבלוק עושה מאמצים עצומים להבהיר שגאיה איננה חללית; כי אז היה משתמע שלגאיה יש מהנדס או מתכנן חיצוני, ומהלך זה היה מאשרר מייד את נוכחותה של תכלית או טלאולוגיה – שלא לומר תיאולוגיה של השגחה. לכן הוא נדרש לגשש בלי הרף אחר דימויים שסותרים מעט זה את זה, כדי שלא להשתמש בלעדית באחד מהם.

מן ההכרח להבין שכדי להיאבק בסכנות המטפורה המכניסטית, לאבלוק ומרגוליס אינם יכולים להסתמך על החלופה המסורתית המרכזית: מטפורת האורגניזם. אם לרעיון של מכוונה בקנה מידה של כוכב לכת אין משמעות – כי במקרה של כשל מכני במערכת כדור הארץ אין קייפ קנדי או מרכז שליטה ביוסטון שאפשר לפנות אליהם – הרי האבסורד גדול עוד יותר כשמנפחים את רעיון האורגניזם לגודלו של כדור הארץ. גם אם מפתה מאוד לקבץ את כל צורות החיים לכדי ביוספירה אחת ענקית, מאוחדת ורציפה כלשהי או לדבר על סופר-אורגניזם, בכל זאת יש להתנגד לרעיון של גוף פלנטרי עצום ומרוכב, לא פחות מאשר למיתוס המכוונה. מי שמשליכים על גאיה דימוי של גוף גלובלי, או גרוע מכך – של גוף נשי, מפשטים את הפרויקט המשותף של לאבלוק ומרגוליס (מרגוליס ממחישה זאת היטב; ראו Margulis 1995). ואין ספק שמי שמבצעים השלכה כזאת אינם מודעים לאילן היוחסין המיתולוגי של גאיה. כל קריאה בהסיוודוס תראה שאין שום דבר אימהי, נשי או אפילו אלוהי באותה דמות מסוכנת, ארכאית, תחבולנית וכתונית שקודמת לכל האלים (Vernant 1993).¹⁰

אפילו אם לאבלוק היה נכנע למטפורת האורגניזם, מאבקה הממושך של מרגוליס נגד כל רעיון של צורות חיים אינדיווידואליות היה דואג לתקן אותו. כאן חשוב כל כך שיתוף הפעולה בין שני הממציאים-בצוותא הללו, שמעולם לא זכה להכרה מספקת. מרגוליס לא רק מביאה אל החדשנות המושגית ידע של ביולוגיה והבנה של הזמן העמוק שלא היו ללאבלוק, אלא גם מסכלת כל שימוש בגרסה פשטנית של אורגניזם שיכול לשכון בתוך סביבה חיצונית להיסטוריה שלו. התגליות והתובנות של מרגוליס עצמה – נושא שבשנים האחרונות נכנס יותר ויותר למיינסטרים – מונעות כל אפשרות לנתק צורת חיים כלשהי

מן החוץ שלה, וכל אפשרות להתייחס לצורות חיים יחידות כאל ישויות אטומיות בעלות גבולות מובחנים משלהן.¹¹ אי-אפשר להשתמש ב"הולוביונטים" כדי למלא את מקומם של אורגניזמים הנתונים לתהליך ברירה טבעית שתולדותיה נכפות עליהם.

כאן טמון ההבדל העיקרי ביחס לניאודרוויניזם, וזו הסיבה שבגללה מגלי גאיה הסתבכו תחילה עם ביולוגים רבים כל כך (Dutreuil 2016).¹² בניגוד לאורגניזמים דרוויניאניים, שאינם נדרשים ליצור את המצב שבו הם מוצאים את עצמם, הסוכנים של לאבלוק צריכים לשאת על כתפיהם, כביכול, את המשימה של עצם בריאת הסביבה שאל תוכה הם "מתקפלים". אצל לאבלוק הברירה הטבעית נראית כדרך פשטנית, ומקומית בסך הכול, להסביר את היכולת ההנדסית של צורות חיים; מבחינתה של מרגוליס, לעומת זאת, הברירה הטבעית אפילו אינה תהליך יצרני, אלא סינון של וריאציות "לא כשירות".

הערבוב המתמיד בין מטפורות סותרות שמפריעות זו לזו מבלבל בהחלט; אבל זו אינה סיבה לבטל את התיאוריה או להתמקד בדימוי אחד בלבד מבין הדימויים הרבים שמציגים הוגיה. משמעות הדבר היא, בסך הכול, שלאבלוק ומרגוליס התקשו למצוא את הדרך המתאימה לגשת למצב היסטורי חדש שאליו נכנסו הם ושאר כדור הארץ.¹³ וכדי לעשות זאת לא הייתה להם ברירה אלא להשתמש בכל האמצעים שעמדו לרשותם, בדיוק כפי שמדענים אחרים עשו כאשר נתקלו בבעיה של תיאור שינוי פרדיגמטי גדול.

למעשה, יש כאן הקבלה ברורה למאמציו של גלילאו כשביקש לתאר גופים נופלים (Schellnhuber 1999). ההיסוסים מוכיחים שכפי שקשה להמציא אובייקטים גלילאיים, קשה לא פחות "לאיינם" ובמקומם לאכלס את כדור הארץ במה שאפשר לכנותו סוכנים לאבלוקיים או מרגוליסיאניים.

מדוע גאיה איננה אורגניזם

לאור התפוצצות הידע החדש שהעמידו לרשותנו מדעי כדור הארץ, אין פלא שאף אחת מן המטפורות הרגילות לא עבדה. ברור היום שגאיה בשום אופן אינה יכולה להיחשב אורגניזם, ולכך יש שלוש סיבות לפחות.

11 לספר לימוד חדש יחסית שנכתב על פי הפרדיגמה הזאת ראו Gilbert and Epel 2015, וכן את סרטו של ג'ון פלדמן שעלה לאחרונה, *Symbiotic Earth: How Lynn Margulis Rocked the Boat and Started a Scientific Revolution* (2017). וראו גם Margulis 1998.

12 יש כאן התנגשות פרדיגמות של ממש: החיים כפי שרואים אותם לאבלוק ומרגוליס אינם החיים כפי שרואה אותם ריצ'רד דוקינס, למשל.

13 שני ספרים שהתפרסמו בשנים האחרונות סיכמו היטב את המצבים החדשים שבתוכם תפיסות של אורגניזמים, אבולוציה ופוליטיקה משתנות במקביל. ראו Lowenhaupt Tsing 2015; Haraway 2016.

הסיבה הראשונה היא רמת המשאבים החיצוניים שגאיה תלויה בהם להישרדותה. גאיה בוודאי אינה דומה לבעל חיים משום שבעלי חיים הם הטרוטרופים, כלומר ניזונים מחומר אורגני, בין שהוא חי ובין שהוא מת. לכן השוואתה של גאיה לכל סוג של גוף – ויהא זה בעל חיים, אימא ארמה או הגוף הפוליטי – בהכרח תהיה מטפורה בלתי מדויקת להחריד. במונחים טכניים, גאיה היא אוטוטרופית, כלומר היא מייצרת את עצמה מחומרים אנאורגניים, או ליתר דיוק פוטואוטוטרופית, כי היא מונעת על ידי אור השמש. אבל את גאיה אי-אפשר להשוות לצמח, לאצה או לציאנובקטריה, משום שכל אלה הם מערכות פתוחות שמחליפות בלי הרף חומר ואנרגיה עם סביבתן. גאיה, לעומת זאת, היא כמעט מערכת סגורה מבחינה חומרית, שמקיימת חילוף חומרים מזערי בין כדור הארץ הפנימי ובין החלל, אך בה בעת מנהלת מחזור פנימי בהיקף עצום.¹⁴

זהו הבדל נוסף לעומת ההבנה הדרוויניאנית של הטבע, שלפיה אורגניזמים מקיימים קשרי גומלין בלתי פוסקים עם אורגניזמים אחרים בסביבתם וגם מחליפים חומרים בלי הרף עם סביבתם החיצונית. גאיה אינה מקיימת אינטראקציה עם גאיות אחרות. הגם שלכל אורגניזם יש סביבה, הרי במובן הצר, לגאיה אין סביבה פרט לעצמה – אם "סביבה" כוונתנו למה שכל ישות מקיימת עימו יחסי גומלין. אפשר אמנם לומר ששאר הטבע שוכן "סביב לגאיה", אבל רק מנקודת מבט אסטרונומית של מי שנמצא בחלל החיצון. כאשר מתבוננים מתוך גאיה, שאר היקום נמצא פשוט מעבר לגבולות החיצוניים של המערכת. הלכה למעשה, גאיה שוכנת בתוך עצמה.

הסיבה השנייה לכך שאי-אפשר להשוות את גאיה לאורגניזם היא שאין לה סביבה פנימית הומוגנית. במילים אחרות, לא זו בלבד שאין לה חוץ, אלא שלה עצמה גם אין פנים לכיד. ההטרוגניות במחזוריים הרבים שהתגלו לאורך השנים היא שהופכת את רעיון הביוספרה ההומוגנית למטעה כל כך. שיילוק היה בטוח שיהרוג את אנטוניו אם יחתוך ממנו "ליטרת בשר", אבל לגאיה אין אחדות דומה, שכתוצאה ממנה הסרה של ליטרת חיים תהרוג את השלם. אין לה שלם באותו אופן שבו גוף בעל חיים הוא שלם. לכן השאלה אם גאיה חיה או לא אינה רלוונטית כלל, ולכן גם אין טעם רב בניסיון להגן על האמונה שכדור הארץ חי או בניסיון לתקוף אותה.

השאלה מה חי ומה אינו חי בגאיה קשה כל כך לזיהוי מדויק, בין השאר, משום שחלק מן הצורות המינרליות הדוממות מיוצרות במישרין על ידי חיים (ביו-מינרליזציה), חלקן נשענות על חיים בעקיפין מפני שהן נסמכות על חמצון האטמוספירה, וחלקן א־ביוטיות לגמרי. באופן דומה, חלק מן הגזים הם ביוגניים באופן ייחודי (איזופרן, דימתיל סולפיד); רבים אחרים – החיים משנים את כמויותיהם במידה ניכרת ביותר; ואחרים אינם מקיימים כלל קשרי גומלין עם החיים (גזים אצילים). במילים אחרות, גאיה היא במידה רבה מעשה

טלאים ואיננה תחום, גזרה, אזור או ישות אחודים. בכל מחזור כימי שמסתכלים עליו יש לעבור שרשרת ארוכה של צורות חיים, או אף לא אחת.¹⁵

הנקודה המרכזית היא שמחזור החומרים בגאיה, הנעשה בתיווכן של צורות החיים, משתנה מאוד על פי תפקידם הביולוגי (או היעדרו). במקרה של ששת היסודות החשובים ביותר לחיים (פחמן, מימן, חנקן, חמצן, זרחן, גופרית), מרבית החומר הממוחזר עובר דרך צורת חיים כלשהי – ולעיתים הוא עובר דרכה פעמים רבות. במקרה של יסודות אחרים חיוניים מבחינה ביולוגית, אם נשתמש במטפורה מעולם הכלכלה, עוצמת המחזור משתנה בהתאם לשיווי המשקל שבין הביקוש של צורות החיים להיצע של היסודות הלא-חיים. אפילו במקרים שבהם הדרישה המצטברת של כל החיים דומה להיצע הפיזיקלי והכימי (כמו במקרה של סידן מִבְּלִיָּה אקלימית וסחיפה), עדיין קיימת שליטה ביולוגית ניכרת במחזור. באופן כללי, ככל שאנחנו צוברים ידע בתחום הביוכימיה, כן מידלדלת רשימת היסודות שעבורם אין כל ביקוש ביולוגי. היסודות שעדיין נמצאים ברשימה זו אינם ממוחזרים בדרך כלל בידי החיים, אלא אם הדבר מתרחש בטעות. גזים אצילים, למשל, אינם ממוחזרים כלל. הדקויות האלה בין דרגות וסוגים שונים של מחזור אינן מתיישבות עם תפיסה מונוליתית של גאיה.

הסיבה השלישית לכך שגאיה איננה אורגניזם היא הנתק בין הכמות העצומה של האנרגיה שמגיעה לכדור הארץ ומפעילה את המנגנון הכביר שלו ובין כמות האנרגיה הזעירה, אך המבוזרת, שעליה מצליחות צורות החיים "לרכוב". אנחנו נוטים לשכוח שרק חלקיק זעיר מכלל האנרגיה (הקרינה האלקטרומגנטית) שנספגת על פני כדור הארץ או סמוך להם, ושמגיעה את האקלים, נלכדת בידי צורות חיים ומותמרת לצורה אלקטרוכימית (אם כי בחלקים מן הספקטרום הנראה לעין, החלק הנלכד בידי החיים הוא משמעותי). שטף האנרגיה הזה אל החיים מתגמד מול שטף האנרגיה במנועי החום העצומים של האטמוספירה והאוקיינוס. כדור הארץ סופג בסביבות 120 פֶּטְוּאט של אנרגיה סולרית מדי יום; שטף החום שנושא זרם הגולף לברו, למשל, מתקרב ל-1 פטוואט. זו כמות גדולה בסדר גודל מן ה-0.1 פטוואט, פחות או יותר, שלוכדות צורות החיים.

ואף על פי כן, סוכנים חיים מנצלים באופן מרשים את אותו מעט מזעיר משטף האנרגיה החופשית – ליצירת מחזורי חומר, לשינוי ההרכב הכימי של האטמוספירה, ליצירת אירוסולים וגרעיני התעבות של עננים – וכך משפיעים השפעה תהומית על מאזן האנרגיה של כדור הארץ והאקלים. מכאן יש ללמוד שהשימוש הספציפי שעושים החיים באנרגיה חופשית, בפרט באמצעות אחסון ועיבוד של מידע, מעניק להם סוכנות יוצאת דופן בהשוואה לתהליכי אקלים א-ביוטיים. על כן עלינו להביא בחשבון שגאיה

15 לסקירה כללית ראו Lenton and Watson 2011. להתייחסויות צרות יותר ראו Lenton and Daines 2017a; 2017b.

מקופלת, מבוזרת ומוכנסת בגדרי מערכת כדור הארץ שהתקיימה הרבה לפני שגאיה צמחה, ושתמיד הרבה אחרי הסתלקותה; מערכת שהחיים למדו לשנותה, אבל רק באופן חלקי. תוצאת הנתק הזה היא שקשה מאוד לייצב תיאור כלשהו של גאיה. אם מביטים במעברי האנרגיה, בקושי אפשר להבחין בחיים; אבל אם מביטים בכמות המידע החדש ובשטף של גורמי מפתח ביולוגיים, גאיה נמצאת בכל מקום, ושינתה את המערכת השלמה – אלא שהיא עצמה איננה "מערכת שלמה".

שלושת מערכי העובדות המדעיות הללו הם שמקשים כל כך על תיאור הייחודיות של גאיה. גאיה אינה נראית כביוספרה שנוספה לספרות אחרות, אלא כישות מרושתת, מחוררת, מרובבת, מבוזרת, שאין לה תקדים וגם לא יסוד כלשהו להשוואה. האלוזיה שהצגנו קודם – דרך השלייה או התיאור האפופטי של גאיה – איננה התחמקות; זוהי הדרך היחידה להתמודד לראשונה עם תביעות הנושא. לכן נזקק לאבלוק לעיתים קרובות כל כך לאותה דרך מסתורית משהו של דיבור על גאיה כעל המצאה לא-ליניארית יחידה במינה. אבל התוצאה המצערת הייתה טיפוח תפיסה מאגית "רכה" של גאיה מיסטית, שהיא רחוקה עד מאוד מן התפיסה המדעית הרדוקציוניסטית לחלוטין והנוקשה מאוד שאליה חתר לאבלוק במקביל. כשלאבלוק ומרגוליס הפיחו רוח חיה מדי בארץ מתה הם לא עשו זאת מסיבות מיסטיות כלשהן; הם פשוט סירבו, מסיבות מדעיות טהורות, לשלול ממנה את חיותה, כלומר להתכחש לסוכנות של צורות החיים.¹⁶ גאיה אמנם דורשת מאמץ מדעי מיוחד, אבל גם לאבלוק וגם מרגוליס סירבו לקבל את הרעיון של מדעי גאיה חלופיים, אינטואיטיביים יותר ונעלים.

יש גאיה אחת, אבל גאיה איננה אחת

הקושי בגישה לייחודיות של גאיה ניכר לא רק כאשר שוקלים את שלל המרכיבים ההטרוגניים המעורבים במחזוריים שלה, אלא גם כאשר מביאים בחשבון את ההטרוגניות המבלבלת של התהליכים האחראים למחזוריים הללו. זו נקודה שלא הייתה ברורה כל כך בשנות השבעים, אבל היא הולכת ומתבלטת בתוצאות העולות ממדעי כדור הארץ. בכל הדיונים שממהרים מדי לדחות את גאיה או לאמצה, משתמע תמיד שגאיה מתאפיינת במלאות ובשלמות שבעצם אין לה. את התארים הללו היה אפשר לייחס לטבע, אבל אין להם תוקף במקרה של גאיה. או למעשה, מלאות ושלמות הן בדיוק סוגיות המפתח שמשמעות מפילוסופיות ישנות יותר של הטבע, ושעומדות בסימן שאלה עם גילוייה של גאיה.

16 ועל כן גאיה זו היא דמות החיים הראשונה שהיא חילונית לגמרי ואינה חוסה תחת השגחה עליונה; ראו Latour 2017a, 75–145.

אבל אם אמנם קיימים מנגנונים רבים כל כך, אפשר לשאול איזה טעם יש מלכתחילה לשימוש במונח גאיה, כאילו כינויה ב"שם פרטי" מקנה לה אופי אחר כלשהו. ברם, שאלה זו עצמה תפסח שוב על מהות הגילוי: אף שצורות החיים אינן כפופות למסגרת שנמצאת מעליהן, הן אכן מייצרות בפועל מסגרת כזאת, או ליתר דיוק – הן מולידות מסגרות רבות, כמספר המסגרות שההיסטוריה הסבוכה שלהן ייצרה באופן מקומי. במילים אחרות, סיבת הפקפוק בכל תפיסה של שלם היא שצורות החיים מייצרות שלוחה משלהן במרחב ובזמן. אם יש דבר אחד שאסור לנו לייחס לו צורה קבועה מראש של מרחב וזמן, הרי זה האופן שבו צורות החיים משתלחות ומתמידות. התפיסה הקאנטיאנית של מרחב וזמן אינה ישימה לגאיה.

העובדה שגאיה מייצרת לעצמה גבולות (משתנים) משלה במרחב ובזמן ניכרת מכך שהיקף השפעתם המרחבית של החיים השתנה לאורך זמן, העמיק עוד מטה אל תוך קרום כדור הארץ ונסק עוד מעלה אל רום האטמוספירה.¹⁷ יתר על כן, היקף השפעתם הטמפורלית של החיים נקבע באופן פנימי – באמצעות שינוי סיכויי ההישרדות שלהם או התמדתם הקולקטיבית – עד כדי כך שעל פי חלק מן המחקרים, אילולא התפתחו חיים על פני כדור הארץ, הוא כבר היה הולך מזמן בדרכו של כוכב הלכת נוגה ונופל קורבן לאפקט חממה חסר שליטה; כלומר, הוא היה עוזב את מה שהאסטרופיזיקאים מכנים "האזור הישיב" סביב השמש, שבו מתקיימים מים במצב נוזלי (Lenton and Von Bloh 2001). במובן אחר, הגבולות המרחביים של גאיה תלויים במידת מה בסולם הזמן שעל פיו אנו בוחנים אותה. אם מתבוננים בתגובה קצרת הטווח להפרעות כמו שרפת דלק מאוכזבים בידי בני אדם, הרי יש חשיבות רק לאינטראקציות בין האטמוספירה, האוקיינוס והחיים; אבל כאשר מתבוננים בתגובה בטווח ארוך יותר, צריך לבחון גם את הקשרים עם קרום כדור הארץ ועם סלעי המשקע. כאשר בוחנים את התגובה לגורמים גיאולוגיים ולהתבהרות האיטית של השמש בסולמות זמן גיאולוגיים, אנחנו מתבוננים גם במחזור של חומרים באמצעות סלעי המשקע הצבורים בקרום כדור הארץ.

כדי לחשוף את ההיבטים החשובים האלה יש לפרק את האחדות וההומוגניות של גאיה. צריך להראות בדרך כלשהי שגאיה היא תופעה הטרוגנית הנוצרת בידי הפעולות והאינטראקציות של שלל סוכנים חופשיים ביולוגיים וכידי היבטים של עולמם הא-ביוטי, שתוצאתם השברירית והטנטטיבית היא התפשטות במרחב והתמשכות בזמן (טבלה 1).

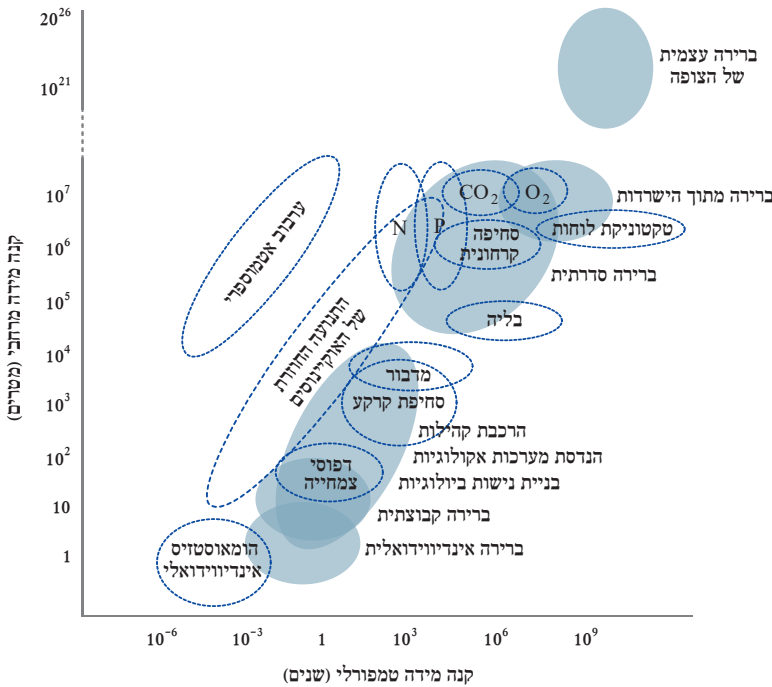
17 "לחיים יש השפעה תהומית על תהליכים גיאולוגיים על פני הקרקע, ואפילו על טקטוניקת הלוחות ועל התרוממות היבשות. [...] האפקט הנקי הוא גיאני [...]; כלומר, החיים התאימו את כדור הארץ לטובתם" (Sleep) (*et al.* 2012, 293). תודה לברוס קלארק על מראה המקום הזה.

איכות / תכונה / תהליך	כוכב לכת א-ביוטי	כוכב לכת ביוטי
אנרגיה	התנועה החוזרת בין האוקיינוס והאטמוספירה היא מנוע חום	פוטואוטורופיה לוכדת חלקיק קטן מן האנרגיה החופשית, אבל משתמשת בו כדי להתמיד חומר
מידע	מינימום תוכן מידע ועיבוד א-ביוטי	אחסון ועיבוד בקנה מידה עצום בכיוספירה
חומרים חיוניים לחיים	מחזור מינימלי בתהליכים פיזיקליים וכימיים	מחזור בקנה מידה עצום של פחמן, מימן, חנקן, חמצן, זרחן, גופרית, ושאר יסודות חיוניים לחיים
חומרים אחרים	מחזור מינימלי בתהליכים פיזיקליים וכימיים	מחזור מינימלי בתהליכים פיזיקליים וכימיים
ברירה טבעית	לא	כן
מיון אקולוגי (בניית נישות ביולוגיות, הנדסת מערכות אקולוגיות, הרכבת קהילות)	לא	כן
ברירה סדרתית (של תצורות יציבות)	אולי, אבל רק באופן גס ולא של תצורות שמעוררות יכולת אכלוס (habitability)	כן, של תצורות שמעוררות יכולת אכלוס (habitability)
ברירה מתוך הישרדות	לא, כי אין אמצעים להשגת תכונות חדשות של שימור או שיפור	כן, חדשנות ביולוגית יכולה לייצר תכונות חדשות של שימור ושיפור

טבלה 1. פריטים המוגדרים על פי המבחן: כוכבי לכת ביוטיים וא-ביוטיים

למרבה הפרדוקס, אף שכפי שהבחנו לעיל המונח מערכת כדור הארץ נתפס לעיתים קרובות כמונח מקביל לגאיה, בפועל גאיה נבדלת ממערכת כדור הארץ ובמובן הצר גם איננה מערכת כלל – בוודאי לא מערכת אחת. כפי שהסברנו קודם, זו הסיבה לכך שהרעיון של גאיה מובחן מהרעיון של מדעי מערכת כדור הארץ, שצמח ממנה. מדעי מערכת כדור הארץ נשארים קרובים ככל האפשר לפיזיקה ולכימיה; גאיה סופגת כמה שיותר ביולוגיה ואקולוגיה, כאילו קופלה בשלל דרכים אל תוך מדעי מערכת כדור הארץ. את מערכת כדור הארץ אפשר להגדיר ולתאר במונחים של מנוע קרנו; את גאיה אי-אפשר לתאר כך, כי היא יוצרת בלי הרף תחום והתנהגות משלה באמצעות מידע ואבולוציה, כלומר באמצעות אופן כלשהו של למידה. אפשר לראות רק את הצלחתן היחסית של צורות חיים להתפשט במרחב

ולשרוד קצת יותר זמן – לא יותר מזה וגם לא פחות. אין כל ערובה להמשכיות שלהן, אין גורל שנעלה על זה של צורות החיים עצמן. בפרפרזה פרודית על האטון היינו יכולים לומר שבגאיה "אנחנו מוצאים סימנים רבים להתחלה וסיכויים רבים לסוף" (Hutton 1788).¹⁸ הדרך הטובה ביותר להבין את היעדר האחדות הזו היא להביא בחשבון שגאיה היא הטררכיה עם וריאציות בעוצמת הצימוד בין החיים והלא-חיים, לרוחב סולמות מרחב וזמן ועל פני מאפיינים שונים (מחזור של חומרי הזנה, אקלים). תרשים 1 מראה את המגוון העצום של המנגנונים לפי קני מידה של זמן ומרחב (Lenton, Daines et al. 2018).



תרשים 1. סולמות המרחב והזמן של תהליכי כדור הארץ וגאיה. כמה מתהליכי המפתח, מנגנוני המשוב המרכזיים והמשתנים המווסתים העיקריים (חנקן, זרחן, פחמן דו-חמצני, חמצן) של מערכת כדור הארץ מוקפים בקו מקווקו. מנגנוני ברירה וארגון עצמי מוצגים באליפסות מוצללות.

18 מאמרו של האטון נחתם במשפט שעיימו המציא את התפיסה של כדור הארץ כמחזור של חומר: "בלא סימן להתחלה, בלא סיכויים לסוף" (עמ' 304).

ברור שיש וריאציות בסוג ובעוצמה של מנגנוני ברירה שיכולים להשיג ולזקק תכונות כמו מחזור ויציבות בסולמות זמן ומרחב שונים. למחזור של חומרי הזנה יש עוצמה רבה במיוחד בקני מידה מקומיים (למשל בתוך יער), ואפשר להבינו כתוצאה של זיקוק והעצמה שנעשו בדרכים של ברירה טבעית רגילה. הברירה הטבעית גם זיקקה רמה יוצאת דופן של הומאוסטזיס באורגניזמים שונים (למשל ויסות הטמפרטורה בגוף האנושי); אבל בקני מידה אחרים אי-אפשר לזהות הומאוסטזיס הדוק כזה. לעומת זאת, האקלים הגלובלי אינו מווסת באותה עוצמה בסולמות זמן ארוכים, שכן דומה שהוא התפתח באמצעות מנגנונים פשוטים יותר. ראשית, יש עיקרון פשוט שלפיו תצורות לא יציבות (במקרה זה הצימוד בין דברים חיים לאקלים), אם וכאשר הן מתפתחות, אינן נוטות להישמר לאורך זמן, ואילו תצורות יציבות, כאשר הן נוצרות, נוטות להישמר ("ברירה סדרתית" בטבלה 1 ובתרשים 1). שנית, עצם ההשתמרות הזאת, בשילוב החדשנות הבלתי פוסקת שנלווית לאבולוציה של סוכנים חיים, מגדילה את הסיכויים להשיג תכונות נוספות שיחזקו אותה ("ברירה מתוך הישרדות" בטבלה ובתרשים) (Doolittle 2017).

לא זה המקום לפתח את הטיעון, אבל ברור שאי-אפשר להבין את גאיה בלי לפרק את האחדות המלאכותית שלה ולהבהיר לאיזו מן התופעות הרבות המרכיבות אותה מתכוונים בכל הקשר נתון. לטענתנו, רבים כל כך טעו בהבנת גאיה משום שבחרו קנה מידה אחד והכלילו ממנו לכל האחרים. ריבוי כזה של תהליכים אי-אפשר לקבץ לכדי ישות לכידה אחת, גם אם הצימוד ביניהם מספק סדר כללי כלשהו. סתירה זו היא שמצויה בלב תגליתם של לאבלוק ומרגוליס: יש גאיה אחת ויחידה, אבל גאיה איננה "שלם".

זה המובן שבו הרעיון של גאיה שונה כל כך מזה של הטבע. כאשר כדור הארץ הובן כסדרה של אובייקטים גלילאיים שמצייתים לחוקי הטבע, היו לו לכידות, הומוגניות והמשכיות שחסרות לגאיה לחלוטין. תחום הכורח שהיה אפשר להעמידו מול תחום החירות הורכב כל כולו מאובייקטים גלילאיים שייצרו את מה שרנה דקארט כינה *res extensa* ("הדבר המתפשט", כלומר היש המוחשי במרחב). אבל אם מנסים להרכיב את כדור הארץ מסוכנים לאבלוקיים או מרגוליסיאניים, הוא מעורר תחושה שונה לגמרי. כאשר חוקרים מנסים להעמיד חיים (חיים ביולוגיים) מול חיים (חיים אנושיים מוסריים וחברתיים), הם מתכוונים לצורה של אחדות והמשכיות שהולמת את רעיון הטבע אבל אינה מותאמת לספציפיות של גאיה.¹⁹ כתוצאה מכך, סוכנים אנושיים שמשופנים "בטבע" ממלאים תפקיד אחר מזה שהם ממלאים כשהם רואים עצמם חלק מגאיה. התפיסות השונות של סדר וויסות קונות להן כאן משמעויות פוליטיות שונות.

רודנות הגלובוס

לדעתנו, התפיסה החדשה הזאת של גאיה צריכה לשנות תפיסות פוליטיות משני עברי החלוקה הישנה יותר בין טבע לחברה. לרוע המזל, תנועת הדימויים בין הביולוגיה לפוליטיקה מתרחשת במשך זמן כה רב עד שקשה מאוד לחלץ מחיבוק הדוב שלה תופעה ייחודית כמו גאיה (Fox Keller 2003; Foucault 2008).

אם קשה להתרכז בגאיה, הרי זה משום שכל ניסיון להתבונן בגוף בתוך סביבה מתבלבל מייד מכוח המטפורה של הגלובוס, שלא לומר נחטף על ידה. ונכון שכאשר מנסים להתבונן בגאיה כעל שלם, מייד עולה בעיני הדמיון "כוכב הלכת הכחול" כפי שהוא נראה מן החלל החיצון, דימוי שמלווה במחוות ידיים מעגליות נמרצות. אבל עם כל השפעתו של אותו תצלום איקוני, ולמרות נפנופי הידיים, מן הראוי להתאפק בפני הדחף לגלובליזציה, משום שמי שטוען שיש לו "נקודת מבט גלובלית" אינו שוכן לעולם, הלכה למעשה, בתוך מרחב ממשי. הוא מדמיין עצמו כאילו הוא מביט מבחוץ על כדור הארץ, הנתפס כגוף אחד בין כל הגופים השמימיים, כפי שעשה גלילאו. העמדה הגלובלית היא, במובן הצר של הדברים, עמדה משומקום – או מתוך משרד, במבט אל מסך מחשב.

הקושי לזנוח את העמדה הזאת גובר עקב הבלבול בין הגלובוס הקרטוגרפי ובין הרפרטואר האמנותי העשיר של סמלים ישנים יותר מתחומי השלטון הרומי והנוצרי (Sloterdijk 2014). הסמל של *orbis terrarum* המוחזק בידי הקיסר או בידי אלוהים ודאי אינו הדרך הטובה ביותר להכיר בצורותיה המוגבלות של גאיה, השזורות זו בזו, המורכבות להפליא והמחוררות. פרט לכך, וכדי לסבך עוד יותר את המצב, כל התייחסות לגלובלי מתמזגת מייד במטפורה חברתית ופוליטית של הגוף הפוליטי. כל תיאור של ארגון ושל מערכת מעלה מייד בדמיון תמונה של הממשל כאורגניזם גדול עשוי חלקים שמצייתים לתכתיבי השלם.

כדי ללחום בבלבול הזה, יש להכיר בכך שגאיה כלל איננה גלובוס אלא ביופילם דק, פני שטח, קרום שעוביו אינו עולה על קילומטרים אחדים, אשר לא פשט גבוה מאוד אל האטמוספירה או עמוק מאוד אל תוך הקרקע שמתחת, בלי קשר לטווח הזמן שלאורכו בוחנים את ההיסטוריה של צורות החיים. לכן חשוב לעבור מהתבוננות גלובלית על גאיה אל מה שהמדענים מכנים היום "האזור הקריטי" (Brantley et al. 2007; 2017). אזור קריטי כזה, מאחר שאין שום דרך לסכמו בדימוי קלאסי יחיד של הגלובוס, ממאן להתמזג עם מבט חיצוני על כוכב הלכת (Arènes et al. 2018). האזור הקריטי מפרק את מה שגלילאו הצליח לעשות – להגדיר את כדור הארץ כעוד גוף אחד בין שאר הגופים ביקום האינסופי: גאיה דורשת מצב חדש הן עבור הצופה הן עבור הנצפה. פרט לכך, יתרונו הגדול של האזור הקריטי הוא בכך שאינו מתאים כלל למטפורה של גלובוס אחוז בידי אלוהים, נסיך או קיסר. אין כל תחום שליטה שאפשר להחילו כאשר מכניסים לתמונה את הרעיון של גאיה

כקרום ביולוגי דק. אין עוד דבר ששולט ממעל בצורות החיים. במובן זה אנחנו מציעים שצורות החיים הללו קובעות לעצמן חוקים משלהן, פשוטו כמשמעו.

לכן חשוב כל כך לחלץ את גאיה מן החיבור המיידית לתפיסה החברתית והפוליטית של הגוף הפוליטי (Coccia 2019). הסיבה לכך, כאמור, היא שהמטפורות על אורגניזם וסופר-אורגניזמים שימשו לפתרון שאלת היחס בין החלקים והשלם, כלומר כדי להבחין את המסגרת מן הממוסגר – בביולוגיה לא פחות מאשר בסוציולוגיה.²⁰ כאשר מדברים על גאיה כעל אורגניזם יחיד, אומרים למעשה שברמה אחת האורגניזמים הם חלקים ואילו ברמה אחרת הם שלם כלשהו שחילק לחלקיו תפקידים ותפקודים. זו העמדה האורגניציסטית, שסיכומה הנהדר הוא במשל "אברי הגוף והבטן" בקורילונוס של שייקספיר. רעיון קיומן של שתי רמות אינו משתנה הרבה אם טוענים שהחלקים, המוגדרים כאוסף סוכנים אינדיווידואליים, מייצרים את מה שנקרא "תכונות מתהוות" מרגע שהם מקיימים קשר ביניהם. זו מטפורה שסוכמה באופן מעורר התפעלות ב"משל הדבורים" של ברנרד מנדוויל מ-1705, ושנקשרת בעמדה "ליברלית". אף ששני מערכי הדימויים הללו נראים שונים מאוד מבחינה פוליטית, למעשה הם מצייתים לאותו דפוס בדיוק, משום ששניהם נסמכים על שתי רמות. בשני המקרים – בשני המשלים – יש שלם שהוא נעלה ביחס לחלקים, בין שהוא שלם מראש, על פי התפיסה האורגניציסטית, ובין שהוא שלם אחרי האינטראקציה בין הסוכנים, על פי התפיסה הליברלית.

הבעיה היא שהמטפורות השכיחות הללו, הקושרות יחדיו חזונית חברתיים, פיזיקליים, פוליטיים, כלכליים וביולוגיים, קורסות כאשר מיישמים אותן על גאיה. וגם כאן שיתוף הפעולה בין לאבלוק למרגוליס חשוב כל כך: רעיון החלקים והשלם אינו הגיוני במיוחד בהגדרת ההולוביונטים של מרגוליס – או בכל הגדרה של צורות חיים – משום שכל מרכיב הוא בה בעת השלם וחלק מן השלם (Ruyer 2016). במקרה של גאיה אין שום היגיון בדיבור על מערכת שנמצאת מעל ומעבר לחלקיה, בין שמשתמשים במטפורה מכניסטית, קיברנטית או ביולוגית. וכל התייחסות לרעיון של תכונות מתהוות במטרה לגשר על הפער בין רמות החלקים לרמת השלם אינה אלא התחמקות.

באותו אופן שבו גאיה היא אוטוטרופית, היא גם תופעה יחידה במינה, כלומר היא מייצרת את עצמה בדרך ייחודית אד הוק. העובדה שאין לנו מושגים טובים לתיאור המצב מוכיחה שהסתמכנו יותר מדי על הרפרטואר הרגיל שמקורו בחיבורים ישנים יותר בין סדרים פוליטיים וביולוגיים. כדי לחלץ את גאיה מהיסטוריה כזאת, עלינו למצוא דרך לומר שהשלם אינו מצוי מעל החלקים, אלא הוא רציף לחלקים – והמילה חלק אינה אלא דרך לציין באופן מסורבל למדי שהמרכיבים חופפים זה את זה (Latour et al. 2012; Tarde 2012 [1895]). זה מה שהיה נכון בתיאורים המוקדמים יותר, והרומנטיים במידת מה, של גאיה כשלם.

נכון שאי־אפשר להרכיבה במובן הצר מחלקים שיושבים זה בצד זה – *partes extra partes*, כמאמר הפילוסופים – כפי שהיה במקרה של אובייקטים גלילאיים, שהמתינו שחוקי הטבע ימסגרו אותם, יסבירו אותם, יניעו אותם, ישלטו בהם. אין פירוש הדבר ש"הכול מחובר", אלא שלסוכנים לאבלוקיים יש דרכים שונות להישזר זה בזה. במובן הזה, הגילוי של גאיה בידי לאבלוק ומרגוליס צריך לעשות שמות בסחר־מכר העתיק שבין מטפורות חברתיות וביולוגיות. הסוציוביולוגיה של גאיה אינה יכולה לדמות לסוציוביולוגיה שמבוססת על הגדרות קודמות של העולם הטבעי.

סוף דבר: שלוחה של תחום החירות

בניסיון זה לצייר את גאיה כפי שהיא איננה יכולה להיות (דרך השלילה האפופטית), אולי שפכנו מעט אור על האפיגרף למאמר. במבט ראשון, אולי מפליא לצפות לשיעור בדמוקרטיה ממחבר שידוע בדעותיו הלעומתיות ואף הריאקציונריות בכמה סוגיות הקשורות בפוליטיקה אנושית. אבל מה שמעניין אותנו הוא תרומתו למה שאפשר לכנותו הפוליטיקה של הלא־אנושי.

הייחודיות של גאיה פותחת הגדרה חדשה לישות הפוליטית בדיוק ברגע שבו המצב המסוכם במונח אנתרופוקן פותח מחדש את הקשר בין מה שהפילוסופים כינו תחום הכורח – כלומר הטבע – ובין תחום החירות, כלומר הפוליטיקה והמוסר. יהיה מוזר לא לשקול את משטר האקלים החדש כהזדמנות להתוות קשרים חדשים בין שני התחומים. מאז ראשית ימי המחשבה הפוליטית נלמדו לקחים מן הטבע כדי להגדיר את דרכי ארגונה וניהולה של החברה. השאלה שמעוררת גאיה של לאבלוק ומרגוליס היא אם הלקחים האלה משתנים כאשר שני התחומים הללו עוברים ערעור סימטרי. האם זה משנה אם אנחנו מסיקים מסקנות מהטבע או מגאיה?

אם אפשר ללמוד משהו מן ההיסטוריה, אזי הניסיון לדבוק בנטורליזציה יזעזע בלי ספק את מדעני החברה והרוח, ובצדק. די לזכור את המחלוקת סביב הדרוויניזם החברתי, הסוציוביולוגיה, המטריאליזם הדיאלקטי, האאוגניקה ומנת המשכל, או את המחלוקת סביב חלק גדול מן המחקר הכלכלי, שמתיימר לגרום לחברות אנושיות "לציית לחוקי הטבע". כנגד הניסיונות הללו לסדר ולווסת את בני האדם בשם "כלוב הברזל" של הטבע, יש להגן בכל מחיר על תחום החירות האנושי. מצד שני, משטר האקלים החדש מחייב אותנו לתקן את התגובה הזאת, כי כעת המצב התהפך; כעת כדור הארץ הוא שעליו יש "להגן בכל מחיר" כנגד (אי־)הסדר האנושי וה(דה־)רגולציה האנושית. האנתרופוקן מכניס אפוא את הפילוסופיה הפוליטית לדילמה: מצד אחד, אל לנו לצפות מן הטבע שיכתיב את ההתנהגות האנושית; ומצד שני, כבר איננו יכולים שלא ללמוד לקח מהתנהגות כדור הארץ, בגלל האופן שבו הוא מגיב להתנהגות האדם. עד כה, דיונים על התפקיד הפוליטי החדש שהאנושות צריכה למלא לא הצליחו להיחלץ מן הקושי הזה (Hamilton 2017).

מאחר שגאיה של לאבלוק ומרגוליס, כפי שאנחנו מבינים את התיאוריה שלהם, מעניקה סוכנות והיסטוריות לכל צורות החיים, המצב עשוי להיפתח כעת מחדש, משום שהוא נסדק משני עברי הדיכוטומיה העתיקה שבין הכורח לחירות. זה החידוש שצריך להתמודד עימו, וזו ההזדמנות שיש לנצלה. כאשר בני האדם מביטים בגאיה הם אינם פוגשים את תחום הכורח הנוקשה, אלא למרבה הפלא את מה שבמידה רבה הוא תחום החירות, שבו צורות החיים, בדרכים יוצאות דופן, מחוקקות חוקים משלהן, עד כדי כך שלאורך עידן ועידנים הן יצרו דרכים מרובות, הטרוגניות, מורכבות ושבריריות להתמיד לאורך זמן רב יותר ולהתפשט על פני מרחבים גדולים יותר – לא פחות ולא יותר.

מנגד, כל בן או בת אנוש שינסו להתמקם כחלקים מן ההיסטוריה הזאת או כשותפים לה, לא יהיה אפשר עוד להגדירם כ"חופשיים" בלבד; נהפוך הוא, נצטרך להגדירם כתלויים באותו סוג של אירועים מורכבים ושזורים זה בזה שנחשפו בידי גאיה (Lenton and Latour 2018). מול תוספת החירות בתחום הכורח עומדת תוספת חשובה לא פחות של כורח בתחום החירות. זו הכוונה באמירה יוצאת הדופן של לאבלוק על "האדם כחלק מישות דמוקרטית מאוד, או כשותף לישות כזאת". ברוח אמרתו הידועה של אריסטו, דמוקרטיה היא ביטוי המסמן ישות שמורכבת מכל החיות הפוליטיות, כלומר מכל הישיות הנתפסות כעם ("דמוס" ביוונית), המחוקקות חוקים משלהן, שאינן משתלבות בפשטות בסדר קבוע מראש כלשהו או מציינות להסדרה נשגבת ונעלה כלשהי.

לכן חשוב כל כך להגדיר במדויק ככל האפשר את התרומה לדמוקרטיה המורחבת הזאת בעקבות גילוייה של גאיה; גאיה אינה מגלמת מחדש פרק נוסף בניסיונות המתסכלים לייחס את מעשי האדם לטבע, אלא פותחת פתח להרחבת תחום החירות באמצעות שיתוף נרחב יותר שלו משני עבריו. אם רוקאנטן היה אוהז בעמדה כזאת באותה סצנה קנונית מתוך הבחילה של ז'אן-פול סארטר, כי אז הוא לא היה מקיא על שורשי העץ, לאחר שנחרד מתחושת החירות חסרת התכלית והשטחית לגמרי שנגזרה עליו עקב עמידתו לנוכח פיסת העץ חסרת התכלית בעצמה (סארטר 1978). גם איננו טוענים שהיה חש איזו התרגשות גואה, תוצאת הפיכתו לחלק בלתי נפרד מן האבולוציה של העצים. אנחנו מציעים רק שהאדם והעץ שותפים לתחושת החירות המציבה את צורות החיים במרחק מה זו מזו, אך לא באותו מרחק שפעם היה משתק את בני האדם ואת הטבע גם יחד, אלא במרחק הזהיר, הנבוך, החידתי והמשתנה שהתקיים מאז ומעולם בין משטרים פוליטיים.²¹ יתרון נוסף הוא העמדת חלופה למילה אקולוגיה, ועזרה למדענים ולפעילי סביבה כדי שיוכלו לשתף פעולה סביב מה שאפשר לכנותו בפשטות פוליטיקה של סוכנים חיים.

מאנגלית: יניב פרקש

21 המרחק הזה עבר כיול מדויק יותר אצל בטיסט מוריוזו (Morizot 2016, וראו גם Coccia 2019), אבל הסופר ריצ'רד פאוארס עשה זאת באופן רדיקלי יותר מכל מדען חברה (Powers 2018).

ביבליוגרפיה

- סארטר, ז'אן פול, 1978. *הבחילה*, בתרגום הדרה לזר, תל אביב: מפעלים אוניברסיטאיים להוצאה לאור.
- Arènes, Alexandra, Bruno Latour, and Jérôme Gaillardet, 2018. "Giving Depth to the Surface: An Exercise in the Gaia-graphy of Critical Zones," *The Anthropocene Review* 5(2), pp. 120–135.
- Bonneuil, Christophe, and Jean-Baptiste Fressoz, 2016. *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History and Us*, trans. David Fernbach, New York: Verso.
- Brantley, Susan L., Martin B. Goldhaber, and K. Vala Ragnarsdottir, 2007. "Crossing Disciplines and Scales to Understand the Critical Zone," *Elements* 3(5), pp. 307–314.
- Brantley, Susan L., William H. McDowell, William E. Dietrich, and Timothy S. White, 2017. "Designing a Network of Critical Zone Observatories to Explore the Living Skin of the Terrestrial Earth," *Earth Surface Dynamics* 5(4), pp. 841–860.
- Chakrabarty, Dipesh, 2009. "The Climate of History: Four Theses," *Critical Inquiry* 35(2), pp. 197–222.
- , 2015. "The Human Condition in the Anthropocene," The Tanner Lectures in Human Values, Yale University, February 18–19.
- Clarke, Bruce, 2010. "Neocybernetics of Gaia: The Emergence of Second-Order Gaia Theory," in Eileen Crist and H. Bruce Rinker (eds.), *Gaia in Turmoil: Climate Change, Biodepletion, and Earth Ethics in an Age of Crisis*, Cambridge: MIT Press, pp. 293–314.
- , 2012. "Gaia Is Not an Organism: Scenes from the Early Scientific Collaboration between Lynn Margulis and James Lovelock," in Dorion Sagan (ed.), *Lynn Margulis: The Life And Legacy of a Scientific Rebel*, White River Junction: Chelsea Green Publishing, pp. 32–43.
- (ed.), 2015. *Earth, Life, and System: Evolution and Ecology on a Gaian Planet*, New York: Fordham University Press.
- Coccia, Emanuele, 2019. *The Life of Plants: A Metaphysics of Mixture*, Medford: Polity Press.
- Diederichsen, Dietrich, and Anselm Franke (eds.), 2013. *The Whole Earth Catalog: California and the Disappearance of the Outside*, London and Berlin: Sternberg Press and Haus der Kulturen der Welt.
- Doolittle, W. Ford, 2017. "Darwinizing Gaia," *Journal of Theoretical Biology* 434, pp. 11–19.

- Dutreuil, Sébastien, 2016. "Gaïa: Hypothèse, programme de recherche pour le système Terre, ou philosophie de la Nature?" Ph.D. dissertation, University of Paris 1.
- , 2018. "James Lovelock's Gaia Hypothesis: 'A New Look at Life on Earth'... for the Life and the Earth Sciences," in Oren Harman and Michael R. Dietrich (eds.), *Dreamers, Visionaries, and Revolutionaries in the Life Sciences*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 272–288.
- Foucault, Michel, 2008. *The Birth of Biopolitics: Lectures at the Collège De France, 1978–1979*, ed. Michael Senellart, trans. Graham Burchell, New York: Palgrave Macmillan.
- Fox Keller, Evelyn, 2003. *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors, and Machines*, Cambridge: Harvard University Press.
- Gilbert, Scott F., and David Epel, 2015. *Ecological Developmental Biology: The Environmental Regulation of Development, Health, and Evolution*, Sunderland: Sinauer Associates.
- Gilson, Etienne, 1925. *La Philosophie au moyen âge: De Scot Erigène à G. d'Occam*, Paris: Payot.
- Hamilton, Clive, 2017. *Defiant Earth: The Fate of Humans in the Anthropocene*, Malden: Polity Press.
- Haraway, Donna J., 2016. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*, Durham: Duke University Press.
- Hutton, James, 1788. "Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe," *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 1(2), pp. 209–304.
- Latour, Bruno, 2005. *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*, New York: Oxford University Press.
- , 2017a. *Facing Gaia: Eight Lectures on the New Climatic Regime*, trans. Catherine Porter, Medford: Wiley Press.
- , 2017b. "Why Gaia is Not a God of Totality," *Theory, Culture and Society* 34(2–3), pp. 61–81.
- Latour, Bruno, Pablo Jensen, Tomasso Venturini, Sebastian Grauwin, and Dominique Boullier, 2012. "'The Whole Is Always Smaller Than Its Parts': A Digital Test of Gabriel Tarde's Monads," *British Journal of Sociology* 63(4), pp. 590–615.
- Law, John, 2002. *Aircraft Stories: Decentering the Object in Technoscience*, Durham: Duke University Press.

- Lenton, Tim, 2016. "Home," in *Earth System Science: A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press, pp. 1–17.
- Lenton, Timothy M., and Stuart J. Daines, 2017a. "Biogeochemical Transformations in the History of the Ocean," *Annual Review of Marine Science* 9(1), pp. 31–58.
- , 2017b. "Matworld: The Biogeochemical Effects of Early Life on Land," *New Phytologist* 215(2), pp. 531–537.
- Lenton, Timothy, Stuart J. Daines, James G. Dyke, Arwen E. Nicholson, David M. Wilkinson, and Hywel T. P. Williams, 2018. "Selection for Gaia across Multiple Scales," *Trends in Ecology and Evolution* 33(8), pp. 633–645.
- Lenton, Timothy H., and Bruno Latour, 2018. "Gaia 2.0: Could Humans Add Some Level of Self-Awareness to Earth's Self-Regulation?" *Science* 361(6407), pp. 1066–1068.
- Lenton, Timothy H., and Werner Von Bloh, 2001. "Biotic Feedback Extends the Life Span of the Biosphere," *Geophysical Research Letters* 28(9), pp. 1715–1718.
- Lenton, Timothy H., and Andrew Watson, 2011. *Revolutions that Made the Earth*, New York: Oxford University Press.
- Levin, Simon A., 2005. "Self-Organization and the Emergence of Complexity in Ecological Systems," *BioScience* 55, pp. 1075–1079.
- Lovelock, James, 2000a. *Gaia: A New Look at Life on Earth*, New York: Oxford University Press.
- , 2000b. *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine*, New York: Gardners Books.
- , 2001. *Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist*, New York: Oxford University Press.
- Lowenhaupt Tsing, Anna, 2015. *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*, Princeton: Princeton University Press.
- Margulis, Lynn, 1995. "Gaia is a Tough Bitch," in John Brockman (ed.), *The Third Culture*, New York: Touchstone, pp. 129–146.
- , 1998. *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*, Amherst: Basic Books.
- Margulis, Lynn, and Gregory Hinkle, 1991. "The Biota and Gaia: 150 Years of Support for Environmental Sciences," in Stephen H. Schneider and Penelope J. Boston (eds.), *Scientists on Gaia*, Cambridge: MIT Press, pp. 11–18.
- Myers, Natasha, 2015. *Rendering Life Molecular: Models, Modelers, and Excitable Matter*, Durham: Duke University Press.
- Morizot, Baptiste, 2016. *Les Diplomates: Cohabiter avec les loups sur une nouvelle carte du vivant*, Marseille: Wildproject.

- Powers, Richard, 2018. *The Overstory*, New York: W. W. Norton & Company.
- Redfield, Alfred C., 1958. "The Biological Control of Chemical Factors in the Environment," *American Scientist* 46(3), pp. 205–221.
- Rudwick, Martin J. S., 2005. *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, Chicago: University of Chicago Press.
- Ruse, Michael, 2013. *The Gaia Hypothesis: Science on a Pagan Planet*, Chicago: University of Chicago Press.
- Ruyer, Raymond, 2016. *Neofinalism*, trans. Alyosha Edlebi, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Schellnhuber, H. J., 1999. "'Earth System' Analysis and the Second Copernican Revolution," *Nature* 402, pp. C19–C23.
- Sleep, Norman H., Dennis K. Bird, and Emily Pope, 2012. "Paleontology of Earth's Mantle," *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 40, pp. 277–300.
- Sloterdijk, Peter, 2014. *Globes: Spheres* (vol. 2), trans. Wieland Hoban, Cambridge: Semiotext(e).
- Tarde, Gabriel, 2012 [1895]. *Monadology and Sociology*, trans. and ed. Theo Lorenc, Melbourne: Re.Press.
- Tyrrell, Toby, 2013. *On Gaia: A Critical Investigation of the Relationship between Life and Earth*, Princeton: Princeton University Press.
- Vernadsky, Vladimir I., 1998. *The Biosphere*, trans. David B. Langmuir, New York: Copernicus.
- Vernant, Jean-Pierre, 1993. "Introduction," in Hesiod, *Theogonie: La Naissance Des Dieux*, trans. Anne Bonnafe, Paris: Rivages.
- Volk, Tyler, 1998. *Gaia's Body: Toward a Physiology of Earth*, New York: MIT Press.
- Waters, Colin N., Jan Zalasiewicz, Colin Summerhayes, Anthony D. Barnosky, Clément Poirier, Agnieszka Gałuszka, Alejandro Cearreta, Matt Edgceworth, Erle C. Ellis, Michael Ellis, Catherine Jeandel, Reinhold Leinfelder, J. R. McNeill, Daniel Deb. Richter, Will Steffen, James Syvitski, Davor Vidas, Michael Wagemich, Mark Williams, [...], and Alexander P. Wolfe, 2016. "The Anthropocene is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene," *Science* 351(6269).