

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В ПРИСТАЛЬНОМ РАССМОТРЕНИИ¹

М. Мелони^{1, 2}, Дж. Теста³

¹ Школа социологии и социальной политики, Университет Ноттингема, Ноттингем, Великобритания;

² Колледж социальных наук и международных исследований, Университет Эксетера, Эксетер, Великобритания;

³ Европейский институт онкологии, Милан, Италия

Эл. почта: maurizio.meloni@nottingham.ac.uk; m.meloni@exeter.ac.uk; giuseppe.testa@ieo.eu

Статья поступила в редакцию 00.00.2015; принята к печати 00.0.2015

Эпигенетика – одна из самых быстро расширяющихся областей естественных наук. Ее взлет часто представляют как революционный переворот, возмещающий новую эру как для эпистемологии, ориентированной на гены, так и для более широкого рассмотрения природы жизни в насыщенном знаниями обществе века молекулярных исследований. Но основы этой революции все еще надо выяснить, и действительно, сами контуры того, что считается «эпигенетическим», зачастую размыты. Это отражено и в ширящемся дискурсе о социальном значении эпигенетики, где большие ожидания сочетаются со значительной неопределенностью относительно того, какие аспекты этой науки наиболее актуальны как для политиков, так и для политики в целом. Поэтому сейчас самое подходящее время подумать о направлениях в исследовании этой революции, которые было бы полезнее всего принять в социологии. Здесь мы используем эту возможность в ее обоих аспектах, академическом и нормативном, и предложим «дорожную карту» для социологического теоретизирования относительно эпигенетики, которое не только не уведет в сторону от выделения тех ее результатов, которые имеют наибольшее социальное значение, но, можно надеяться, сориентирует на них. С этой целью мы начнем эпистемологическую переоценку эпигенетического дискурса для ревалвации его расплывчатых смыслов в качестве важнейшего ресурса всей этой области и предпочтительной отправной точки для анализа. Затем мы предложим для анализа три пути. Первый – рассмотреть структурные элементы противоречий и мнений, сложившихся вокруг эпигенетики. Второй – прозондировать общее между эпигенетическим переосмыслением феноменов жизни и нормативными установками, определяющими индивидуальную и коллективную ответственность. Третий – пролить свет на материальный выход эпигенетики и опосредованную им микроструктуризацию культуры. Мы предполагаем, что эти три комплементарные нити зададут как эпистемологические, так и социологические внутренне рефлексивные рамки для дальнейшего изучения эпигенетики как молекулярного сочленения между врожденными задатками и условиями их реализации, природой и воспитанием, и, таким образом, как нового и важнейшего фронта социальных исследований наук о жизни.

Ключевые слова: эпигенетика, фантазии, микроструктуризация, пластичность, ответственность, социальная политика.

SCRUTINIZING THE EPIGENETICS REVOLUTION

M. Meloni^{1, 2}, G. Testa³

¹ School of Sociology and Social Policy, University of Nottingham, Nottingham, UK;

² College of Social Sciences and International Studies, University of Exeter, Exeter, UK;

³ European Institute of Oncology, Milan, Italy

E-mails: maurizio.meloni@nottingham.ac.uk; m.meloni@exeter.ac.uk; giuseppe.testa@ieo.eu

This is a Russian translation published by the permission of the authors of the original, which appeared under open access terms in *BioSocieties* (2014) 9, 431–456 and must be referenced upon citing the present translation. The original abstract and full text are available at <http://www.palgrave-journals.com/biosoc/journal/v9/n4/abs/biosoc201422a.html> (doi:10.1057/biosoc.2014.22).

Keywords: epigenetics; imaginaries; molecularization; plasticity; responsibility; social policy.

О том, кто вы есть, что-то написано пером, что-то карандашом. Написанное пером изменить нельзя: это ДНК. Но все, что написано карандашом, изменить можно: это эпигенетика.

Из рекламы соевого экстракта

Через неопределенность к успеху: взлет молекулярной эпигенетики

Молекулярная эпигенетика – еще одна «большая вещь» в мире биологических наук (Hebrahim, 2012) – процветает на основе неоднозначности ее определе-

ний. В процветании сомнений нет. Достаточно сослаться на десятикратное за последние десять лет увеличение числа публикаций, использующих термин «эпигенетический» только в названиях (Haig, 2012). Лишь в одном 2011 г. число публикаций в этой области достигло ошеломляющих нескольких тысяч, возможно даже 20 тысяч в зависимости от критериев поиска (Jirtle, 2012), и в любом случае с тех пор оно только росло. Аналогичный вывод следует, если оценивать развитие эпигенетики по возникновению новых организаций и институтов и числу конференций, учебных программ и журналов – все это подтверждает ее вертикальный взлет по всему диапазону академических показателей.

⇨ Эта публикация представляет собой перевод статьи, опубликованной ранее в журнале *BioSocieties* (2014) 9, 431–456 на условиях открытого доступа.

Редакция журнала «Биосфера» выражает признательность проф. С.М. Малецкому (Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск) за предоставление перевода и авторам статьи – М. Мелони и Дж. Теста – и издательству Palgrave MacMillan за разрешение его опубликовать. При цитировании русского перевода обязательны ссылки на первоисточник.

Редактор перевода: А.Г. Голубев.

В течение последних нескольких лет в мире появились масштабные амбициозные проекты, такие как «Международный консорциум по эпигеному человека» (IHNC) или «Консорциум дорожной карты эпигеномного картирования» на базе Национальных институтов здоровья США (NIH Roadmap Epigenomics Mapping Consortium) с целью картировать человеческие эпигеномы в различных типах клеток и/или при болезненных состояниях человека. За последние десять лет появились новые журналы (*Epigenetics*, *Epigenetics and Chromatin*, *Clinical Epigenetics*), новые профессиональные организации (Эпигенетическое общество, Клиническое эпигенетическое общество) и научно-исследовательские центры. В целом, эпигенетика стала своего рода знаменем нового научного движения (Haig, 2012, с. 15). Даже за пределами биомедицины о влиянии эпигенетики на некоторые свои основополагающие принципы начали сигнализировать другие дисциплины – от биоэтики (Dupras et al., 2012) до географии человека (Guthman and Mansfield, 2013), от политики (Hadlund, 2012) до теории права (Rothstein et al., 2009), от эпидемиологии (Relton and Davey Smith, 2012) до философии личности (Boniolio and Testa, 2011).

Даже беглый взгляд на популярные СМИ свидетельствует о сильных позициях эпигенетики в общественном сознании. Эпигенетика вошла в моду (Davey Smith, 2012) и фигурирует на обложках глобальных журналов под сенсационными заголовками типа «Победа над геном» (газета Шпигель, 2010) или «Ваша ДНК – не ваша судьба» (журнал Тайм, см Cloud, 2010). В настоящее время эпигенетическая терминология взята на вооружение в холистической медицине и различных духовных течениях (Church, 2007). Неудивительно, что появилась новая рыночная ниша с компаниями, развивающими деловой потенциал эпигенетических идиом, как, например, Reliv International, производитель пищевых добавок, запустивший в производство свой новейший экстракт сои под девизом «От себя до сверхсебя: исправь свою ДНК естественным путем с помощью диетологической эпигенетики» (reliv.com/lunasin-and-epigenetics).

Эпистемология неточного

Как область знания эпигенетика процветает в примечательной неоднозначности ее определений, обладая способностью принять в себя – и продуктивно расположить – весьма широкий спектр биологических проблем и эпистемологических позиций. Вторая Райнбергеру (Rheinberger, 2003) в его выражении поддержки «эпистемологии неточного», мы утверждаем, что возможность оперировать несколькими вариантами понимания того, что представляют собой эпигенетические явления, и следовательно, несколькими способами эпигенетических доказательств является основополагающим для взлета эпигенетики как научной дисциплины и популярного феномена. Расширяя понятие «пограничного объекта» (Star and Griesemer, 1989), Райнбергер (Rheinberger, 2003) обозначил ген как объект, который постепенно вписывается молекулярной биологией в рамки чрезвычайно гибкой концепции, тем подтверждая, что «для пограничных объектов требуются пограничные понятия», поскольку «пока объекты исследования непостоянны, соответствующие им понятия должны оставаться в движении». То же самое, мы считаем, можно

применить к эпигенетике с ее предметной неуловимостью (Dupre, 2012), многозначной природой (Morange, 2001, с. 56) и сосуществованием нескольких принятых значений некоторых ее базовых положений (Haig, 2004; см. также Bird, 2007; Ptachne, 2007).

В дальнейшем мы не собираемся полностью уточнять понятие «эпигенетика» (включая его недавно возникшее производное «эпигеномику» – изучение эпигенетической регуляции на уровне всего генома), поскольку в настоящее время это будет в значительной степени бесполезным и даже контрпродуктивным. Скорее мы считаем сейчас уместным отследить контуры этой чрезвычайно гибкой концепции (эпигенетической) и тех динамичных областей знания, которые развиваются благодаря этой гибкости. Конкретно, наша первая задача – выделить ключевые сопрягающие точки, где сходятся различные потоки эпигенетических исследований, а также выделить основные узлы их сплетения. Резон для такого подхода состоит в том, что в ситуации эпистемологической размытости для социологии тем самым открываются точки входа для участия в потенциально преобразуемых аспектах этой бурно развивающейся области знаний.

Источники и границы эпигенетики

Эпигенетика имеет долгую историю, и ее текущая молекулярная реконфигурация является результатом целой серии концептуальных и экспериментальных сдвигов. Понятие эпигенетика было впервые введено эмбриологом и биологом Конрадом Уоддингтоном (С.Н. Waddington, 1905–1975) в 1940 г., чтобы определить в широком *немолекулярном* смысле «весь комплекс процессов развития», который соединяет генотип с фенотипом. Уоддингтон писал: «Для этого комплекса будет удобно иметь термин, и мне кажется подходящим термин “эпигенотип” (перепечатано в Waddington, 2012). В скобках отметим, что Уоддингтон придумал неологизм эпигенетика как производное от термина «эпигенез» (Van Speybroeck, 2002), то есть «развитие», и не имел в виду популярное сейчас понимание греческого *epi* как «того, что находится за пределами (выше)», – в данном случае гена.

Второй, параллельный, вариант происхождения этой концепции, как кажется, оказал более сильное влияние на современное ее понимание. Эта вторая традиция берет свое начало с публикации «Об эпигенетических системах управления» (Nanney, 1958) и касается конкретно экспрессии генетических последовательностей. По словам Хэйга (Haig, 2012), у Нэнни эпигенетический контроль – это решение, «какой том из библиотеки генетических специфичностей определен для представления в конкретной клетке». Эта вторая концепция имеет более прямой молекулярный смысл и в большей степени соотносится с современной практикой – с тем, что мы называем «молекулярной эпигенетикой», чтобы отличить от исходного уоддингтоновского более широкого значения, ориентированного на развитие (см. различия в Griffiths and Stotz, 2013). В свою очередь, уподобление просмотру библиотеки само по себе достаточно широкое, чтобы вместить сразу два лишь частично перекрывающихся значения молекулярной эпигенетики.

С одной стороны, аналогия с библиотекой действительно является основой современного, более широкого, но в некоторых аспектах менее глубокого представления о молекулярной эпигенетике, где

приставка «эпи» оказалась отнесенной практически ко всем уровням клеточных функций, которые наслаиваются на гены, при этом представляя собой результат – а на самом деле и причину – их дифференциальной экспрессии в различных клетках и/или в условиях. Это рабочее определение включает полный комплект хроматина (то есть трехмерной сети структурных и регуляторных белков, в рамках которой происходит метаболизм ДНК), но это также и транскриптом, протеом и соответствующие «омики» – срезы, по которым сложность жизни подлежит анализу в соответствии с биохимической классификацией составляющих ее молекул. В этом смысле традиция, которая идет от Нэнни, в самом широком ее смысле относит эпигенетику к одной из проблем генной экспрессии, а вернее, к генной экспрессии как проблеме, и в зависимости от уровня, выбранного для анализа последней, первая становится более или менее удаленной от своей первоначальной физической связи с геномом.

Второй, более точный и обязывающий смысл молекулярной эпигенетики предусматривает операционные определения, которые по большей части оказываются отрицательными, как в случае исследований «любых долгосрочных изменений в функциях генов, которые сохраняются даже тогда, когда иницирующие их факторы давно не действуют, однако *НЕ* связаны с изменениями в последовательностях генов или в их структуре» (McGowan and Szyf, 2010, с. 67, курсив авторов), или исследований «фенотипической изменчивости, которая *НЕ* объясняется генетической изменчивостью» (Champagne, 2010, с. 300), или той части фенотипа, которая передается по наследству при делении клеток или репродукции организма, но *НЕ* закодирована в ДНК. При всем при том мы все еще полностью остаемся в пределах аналогии с библиотекой, за исключением того, что теперь имеют значение только те тома, которые остались открытыми после того, как уже были просмотрены первым читателем.

Очевидно, что оба эти смысла эпигенетики снижают роль генов как причинным образом привилегированных детерминантов фенотипа, причем в первом подчеркнут регуляторный контекст, на основании которого из одного и того же генома извлекаются различные функциональные результаты, а во втором выделены случаи, когда негенетические изменения сохраняются либо во времени, либо в пространстве, либо и там, и там. С этой точки зрения, обе нити эпигенетических рассуждений и экспериментирования способствуют стилю мышления, который, вслед за Гриффитсом и Штоцом, можно определить как постгеномный: «В постгеномную эпоху, когда нам доступны полные последовательности геномов широкого спектра организмов, диапазон молекулярных действующих начал значительно расширился. Геном – это не просто коллекция генов, это также место для размещения других функциональных элементов. Гены больше не выполняют лишь одну функцию, тесно связанную с их структурой, они гибко реагируют на сигналы от огромной регуляторной системы, которая все более становится средоточием исследований в генетике» (Griffiths and Stotz, 2013, с. 2)

Важно отметить, что значение слова «постгеномный» здесь не только хронологическое (то есть относящееся к тому, что произошло после расшифровки

генома человека в 2003 г.), но и *эпистемологическое* в смысле признания тех пробелов в знаниях о наследственности и тех непредвиденных сложностей вокруг генов (Mather, 2008), которые сделали наше понимание функций генов осторожно предварительным и неизменно зависящим от обстоятельств.

Именно под всеобъемлющим зонтом эпигенетики (в первом, более узком смысле, обрисованном нами выше) будут, как ожидается, все дальше распутываться эти новые сложности, что будет содействовать объединению эпигенетического с постгеномным на основе контекст-зависимого взгляда на гены (Keller, 2000; Oyama et al., 2001; Moss, 2003; Robert, 2004; Mameli, 2005; Morange, 2006; Stotz, 2006, 2008; Stotz et al., 2006; Griffiths and Stotz, 2007, 2013; Nowotny and Testa, 2011). С этой контекстуальной точки зрения гены рассматриваются как «катализаторы», а не «коды» (Elman et al., 1996), как «последователи», а не «лидеры» (West-Eberhard, 2003), как «встроенные в клетки с их сложной химической средой», которые, в свою очередь, вложены в органы, системы и сообщества (Lewkowicz, 2011). «Функция гена может быть полностью понята только в терминах клеточной среды, в которой он работает. А клеточная среда, конечно же, динамична и постоянно меняется в результате сигналов, получаемых от других клеток, в том числе сигналов, которые соответствуют событиям, происходящим во внешней среде. В конечном счете, функция может быть понята только в терминах взаимодействия между средовыми сигналами и геномом» (Minney, 2010, с. 48).

Ожидается, что этот стиль понимания биологических процессов будет иметь серьезные последствия для возникших в биологических науках в XX в. дихотомий и, в частности, для различения генотипа и фенотипа (введено Йогансенем в 1910-х годах). В контексте геноцентризма современного эволюционного синтеза, соотношение генотипа и фенотипа, как правило, рассматривается как соотношение причины и ее видимых и механистически выводимых эффектов, то есть как соотношение «чертежа и изделия» (Jablonka and Lamb, 2005, ср. 33). В этих теоретических рамках цепь причинно-следственных связей направлена в одну сторону – от активного генотипа к «тупиковому» фенотипу. Вместо этого в постгеномную эпоху соотношение генотипа и фенотипа чаще представлено не как линейная цепь причинно-следственных событий, а, скорее, как «шпагат» (Griesemer, 2002), что подразумевает глубокие переплетения собственно генетического материала с различными слоями его фенотипических проявлений (Oyama et al., 2001). Скользя вдоль этого шпагата, эпигенетика возвращается к своему первоначальному уоддингтоновскому акценту и становится удобным названием для многочисленных нитей и сложного устройства «происходящих по ходу развития преобразований, перемежающихся между генотипом и фенотипом» (Pigliucci and Muller, 2010, с. 308, курсив авторов; см. также Schlichting and Pigliucci, 1998; Roberbt, 2004; Hallgrímsson and Hall, 2011).

Потянув сразу за все нити этих переплетающихся, размытых и подчас открыто конкурирующих понятий об эпигенетике, мы можем утверждать, что сейчас ее объединяющий посыл состоит, если вкратце, в том, что она обещает выразить аналоговую ширь «сигналов от среды» через цифровое представление

молекулярного ответа на них. Если все то, что кажется непоправимо аналоговым (социальное, экологическое, биографическое, уникально гуманитарное), надо по понятиям информационно зрелой эпохи наложить на цифровой код генома, причем в потоке реципрокных взаимодействий, то успех в этом деле, как нам представляется, возможен, если снять показания с аналогового, структурировать результаты и оцифровать так, чтобы это было совместимо с геномом и его кодом (РНК, ДНК в ассоциации со специфическими модификациями хроматина, выявляемыми иммунопреципитацией хроматина (ChIP), с сайтами метилирования ДНК и т. д.). В этом отношении эпигеномные профили – от транскриптомов, карт хроматина и других единиц описания живого вещества, которые благодаря имеющимся технологиям охватываются все более оцифрованными, до протеомов и метаболомов – во все большей степени играют в современной биологии ту же роль, какую клеточные линии играли в период от 1970-х до 1980-х, который охарактеризован как кризисный для молекулярной биологии (Morange, 1997). После впечатляющей расшифровки генетического кода на первый план вскоре вышла задача объяснить развитие в терминах молекулярных и совместимых с этим кодом.

«Корни этого кризиса надо искать на эпистемологическом уровне: чего молекулярным биологам отчаянно, до подавленности, не хватало, так это понимания, что должно стать объяснением развитию – при том что еще один уровень описания биологических фактов не надо было открывать, а надо было только должным образом оценить. Этим уровнем стал клеточный, чем и объясняется разительный прогресс клеточной биологии того времени. Клеточная биология обеспечила то, для чего Гарольд Кинкед (Harold Kincaid) употребил термин placeholder (заполнитель места) – он используется, чтобы обозначать нечто, по всей видимости существующее, но природа чего в точности не известна» (Morange, 1997)².

Так же и мы считаем, что эпигеномные профили во всем их ширящемся разнообразии предоставляют «новый держатель места», который позволяет увязать среду с геномом и сделать возможным трансляцию аналогового контента в цифровом в концептуальном смысле в не меньшей степени, чем в экспериментальном.

Таким образом, вкратце очертив *размытые и тем самым продуктивные* границы сегодняшней эпигенетики, мы переходим теперь к рассмотрению трех путей исследования в новой области «эпигенетика и общество»: (I) эпигенетические перспективы, просматриваемые сквозь дискуссии, шумиху и социотехнические фантазии; (II) эпигенетика между фактами и интересами; (III) появление нового молекулярного материализма, опосредованное инструментарием и классификациями, принятыми в эпигенетических исследованиях. В недавних работах стали обозначаться контуры новых социологических исследований эпигенетики – от изучения взглядов исследователей в этой области (Tolwinski, 2013) до отчетливой поддержки возможных способов сочетания эпигенетики с социологией в диапазоне от более «агрессив-

ных» до более «рефлексирующих» направлений исследования наук и технологий (Pickersgill et al., 2013).

Здесь мы будем развивать эту тему с трех важных позиций: (I) методологическая привязка к эпистемологии неточного, которая ставит эпигенетику лицом к лицу с ее научными предтечами (в основном с молекулярной генетикой) и ее возможными партнерами из числа социологических наук; (II) особое внимание к определяемым цифровым кодированием особенностям нынешней эпигенетики как к ключу к прослеживанию ее объяснительных успехов, опять же лицом к лицу с ее предтечами и потенциальными партнерами; (III) тройственная программа исследований, которая, как можно надеяться, выработает строгую «политическую эпистемологию», для которой акцент на эпигенетике создаст парадигму существенно социально-политической природы биологического дискурса.

Путь 1. Поиск эпигенетические перспектив в дискуссиях, шумихе и социотехнических фантазиях

Сами понятия «декада эпигенома» (Martens et al., 2011) и даже «эра эпигенетики» (Hurd, 2010) показывают, как быстро эпигенетика выросла до такого уровня значимости в научных и социальных играх разума, что стала привлекать реальное общественное внимание и участие. И, хотя это десятилетие только началось, уже пора задуматься о социальных последствиях эпигенетики. Как мы уже видели в прошлом на примерах генетики, нейробиологии или стволовых клеток, новаторские, но все же предварительные исследования, нередко бывают истолкованы так, – особенно политиками, комментаторами СМИ, консультантами по образу жизни, но иногда и самими учеными, как естествоиспытателями, так и гуманитариями, – будто получены убедительные доказательства важных следствий для человеческого здоровья и благополучия.

Действительно, есть ощущение, что это же происходит с эпигенетикой: в популярных книгах она фигурирует в рассуждениях о природе таланта (Shenk, 2010a), а в научных статьях эпигенетическими маркерами обозначают социальное неравенство и расовые различия по здоровью (Kuzawa and Sweet, 2009; Wells, 2010; McGuinness et al., 2012). В русле результатов, представленных в литературе по программе исследований периода развития как определяющего для здоровья и болезней (DOHaD – Developmental Origin of Health and Disease), предложено сделать материнство новым средоточием ответственности (Pau, 2010) и уподобить материнский организм «эпигенетическому вектору» (Richardson, готовится к печати). Как мы рассмотрим позже, есть и другие ожидания насчет того, что эпигенетика создаст новые основы для законодательства и расширенных понятий об ответственности.

Поэтому социологическое исследование эпигенетики следует начать с рефлексивного анализа того, как эпигенетическое знание становится «социальным явлением само по себе» (Landecker and Panofsky, 2013), с учетом фантазий и прозрений, которые катализируют это превращение и которые в итоге мы будем называть здесь «*эпигенетическим фантазированием*». Его анализ даст социологам широкий спектр эмпирических источников, которые позволят наблюдать всю

² От редакции. Placeholder – стандартный термин, обозначающий в математике и программировании символ, ставящийся на то место в уравнении или программе, где должен быть пока еще недостающий или не определенный параметр или оператор.

глубину взаимодействия науки с обществом по трем самым процветающим направлениям социологических исследований научного знания (SSK – Sociology of Scientific Knowledge) и науки и технологий (STS – Science and Technology Studies: 1) социология научных противоречий; 2) социология внушений и надежд и 3) появление социотехнических фантазий.

Противоречивое знание

Анализ научных противоречий был ключевой эвристической методологией SSK и STS на протяжении более чем трех десятилетий, побуждая концентрировать анализ на способах улаживания научных разногласий, на ресурсах и практиках, делающих возможным возникновение и персистенцию разногласий, и, наконец, на механизмах достижения консенсуса (Nelkin, 1979, 1992; Engelhardt et al., 1987; Brante et al., 1993; Martin and Richards, 1995; Roosth and Silbey, 2009; Martin, 2008). Именно благодаря расплывчатому, а порой и откровенно конкурирующим эпистемологическим взглядам в основе классификации явлений эпигенетики в ней нет недостатка в противоречиях, особенно по следующим темам: (I) значение наследования эпигенетических признаков в ряду поколений, особенно у высших организмов; (II) пересмотр концепции гена и определения его функциональной значимости в свете непредвиденных масштабов нескольких эпигенетических слоев регуляции (что наиболее ярко запечатлено в ожесточенных спорах о некодирующих РНК, обнаруженных в проекте ENCODE) (Doolittle, 2013; Graur et al., 2013); (III) напряженные отношения между, с одной стороны, современным эволюционным синтезом как установившимся каноном и, с другой, возобновившимся интересом, гораздо более активным, чем в прошлом, к эпигенетическим, неоламаркистским механизмам наследования (Jablonka and Lamb, 2005); и (IV) эпигенетические основы поведения человека.

Ниже мы кратко остановимся на двух таких противоречиях, имеющих наиболее далеко идущие последствия для тех направлений социологических поисков, которые мы приняли в этой работе.

Первое отражает скорее семантическую напряженность, чем реальное противоречие, но хорошо иллюстрирует спорность того потенциала размытости, который ранее мы провозгласили ключевым фактором развития эпигенетики, и неопределенность того эпистемологического пространства, в котором эпигенетика процветает сегодня. В недавней популярной публикации Эрика Нестлера – директора Фридмановского института мозга в Медицинском центре «Маунт Синай» в Нью-Йорке и соавтора очень часто цитируемого исследования по эпигенетике психических расстройств (Tsankova et al., 2007) – выражается озабоченность в связи с потенциалами эпигенетики и утверждается, что «поэтому требуется гораздо больше работы, прежде чем мы будем знать, в какой степени эпигенетические механизмы представляют собой *третий – помимо природы и воспитания*³ –

фактор контроля признаков индивидуума в норме и патологии» (Nestler, 2013).

Напротив, Свитт (Sweatt, 2013), один из лидеров в формирующемся поле *нейроэпигенетики*, пишет: «Теперь ясно, что существуют динамические взаимодействия между генами и опытом и четко определенный и биохимически опосредованный интерфейсный механизм взаимодействия между ‘природой’ и ‘воспитанием’. Этот интерфейсный механизм и есть эпигенетика» (с. 624). Но суть дела не в противоречии между осторожностью и оптимизмом. Скорее для нас имеет значение коренное различие между эпистемологическими пространствами, куда эпигенетику вовлекают в качестве объяснительного ресурса два автора, которые считаются авторитетами в своей области и недавно совместно издали важную публикацию по эпигенетической регуляции нервной системы (Sweatt et al., 2013).

В том, что Келлер (Keller, 2010) определил как видимость промежутка между «природой» и «воспитанием», Нестлер видит эпигенетические механизмы в качестве третьего фактора, который выходит за оба эти предела, в то время как Свитт усматривает интерфейс, который сужает пространство и рассеивает мираж. «Над» или «между»: вот где, как кажется, кроется различие, и действительно, аналитику должно быть интересно увидеть, закончатся ли такие смысловые трения фундаментальными теоретическими или экспериментальными различиями или останутся безобидной традицией систематически размывать смыслы, как это было отмечено выше. Иными словами, можно думать, что, если эпигенетические механизмы оформлены не как ‘природа’ (замещает в таких дискурсах генотип) и ‘воспитание’ (замещает внешнюю среду), а, скорее, как линзы, которые обеспечивают освещение второго через первое и наоборот, сами вопросы, какие останутся в конце концов, могут вполне оказаться существенно иными, так же как и множество сопутствующих экспериментальных систем.

Второе противоречие связано с трудностью в установлении наличия и значения эпигенетического наследования у человека в ряду последовательных поколений. Предрасположенность к раку ободочной кишки может передаваться по наследству генетическими мутациями в нескольких генах, включая гомолог 1 гена MutL (MLH1) в случае неполипозного рака прямой кишки типа 2 и гомолог 2 гена MutS (MSH2). В ряде случаев, однако, происходит наследование эпимутаций этих двух генов, то есть аномальных паттернов метилирования, которые нарушают их функции, несмотря на целостность их последовательностей ДНК. Поначалу это были наиболее яркие документированные в молекулярных деталях примеры эпигенетической формы наследования у человека (Chan et al., 2006). Однако последующая проверка выяснила, что аномальное метилирование MSH2 (эпимутация) происходит из-за генетической мутации в соседнем гене (Ligtenberg et al., 2009). Аналогично и для гена MLH1, хотя полной ясности нет,

³ *От редакции.* В оригинале – «nature vs. nurture». Этот фразеологизм в силу, вероятно, удачного созвучия составляющих его слов превратился в англоязычной научной (и не только) литературе в штамп. Со времени его введения в обиход в середине XIX в. Фрэнсисом Гальтоном (по ходу много раньше возникших дискуссий о врожденных идеях) он оброс столь богатым контекстом, что сохранить в переводе все это не представляется возможным, тем более в столь же врезающейся в сознание форме. Но надо отметить, что смысл слова «nurture» шире, чем

у слова «воспитание», и включает в себя еще и заботу, вскармливание и даже выведение (или разведение). Из русских слов полнее всего этому полю смыслов отвечает, пожалуй, «пестование». Если передавать смысл как можно полнее, не ограничивая себя в словах, получится что-то вроде «внутренне (изначально) присущего» против «привносимого (действующего) извне». По этим причинам ниже в переводе ‘природа’ и ‘воспитание’ в контексте этого противопоставления будут ставиться в одинарные кавычки, во избежание буквального понимания сказанного.

оказалось сложным исключить вышележащие генетические причины и однозначно показать, что эпимутация сама наследуется через гаметы, а не просто включается сразу после оплодотворения (Daxinger and Whitelaw, 2012).

Даже если не вдаваться в подробности этих удивительных случаев, проблема возникает в связи с глубиной и широтой молекулярного взгляда на вещи, снабжающего информацией всю современную биологию с ее стремительно растущей способностью раскрывать все более мелкие детали, которая однако сопровождается трудностями в определении порога эпистемологической значимости каждой из них (Nowotny and Testa, 2011). Ибо в век так называемого «следующего поколения методов секвенирования» (сам термин свидетельствует о незавершенности ведущихся поисков), когда геномы и эпигеномы расширяются в целые акры обнаженных нуклеотидов, готовых, чтобы быть прочитанными и перечитанными со все большей точностью, доказательство трансгенерационного эпигенетического эффекта в аутбредной человеческой популяции фактически требует исключить все возможные генетические причины. И, чем более обширным становится пространство геномов, из которого мы хотим делать выборки с этой целью, и чем точнее мы хотим быть, делая исключения, тем больше убеждаемся мы в том, что копать придется все глубже и глубже. Таким образом, эти противоречия являются парадигмальными, поскольку они создают обстановку для того, чтобы зондировать во многих других случаях, которые несомненно последуют, из чего в первую очередь состоит эпигенетическое доказательство – из какой работы по выделению и очистке и каких проверок на прочность результатов (Latour, 1999), вещественных или статистических.

Под углом к этой дискуссии равных с равными, происходящей в среде ученых, уже вполне можно определить второй источник трений: между ожидаемым консенсусом относительно эпигенетических знаний по мере того, как он получит распространение в обществе, на первых полосах газет, а также в кое-какой литературе по социальным наукам, и его неопределенным и спекулятивным статусом в самом научном сообществе. Именно в несоответствии между тем, что уже установлено, и тем, что в настоящее время разогревает научный дискурс, найдут благодатную почву спекулятивные предположения, чрезмерные разглагольствования, энтузиазм средств массовой информации, короче – все, что создает шумиху вокруг эпигенетических фантазий. Это подводит нас ко второму пункту: виденья и ожидания, порождаемые эпигенетическими знаниями в том виде, в каком они циркулируют в обществе.

Колебания внушаемого и ожидаемого между геномом к эпигеномом

Как объект социологии ожиданий, эпигенетика занимает очень хорошие позиции. В последние годы растет объем исследований по вопросам динамики науки и технологий и «порождающей» роли ожиданий в «определении направлений деятельности, его структурировании и оправдании и привлечении интереса и инвестиций» (Vorup et al., 2006, с. 286; см. также: Brown et al., 2000; Brown and Michael, 2003; Van Lente, 1993, 2012). Хотя в истории современной науки и техники ожидания всегда имели важное зна-

чение, этот новый поток исследований особо подчеркивает то, как «гиперболизированные надежды на будущее становятся в наш поздний индустриальный период истории все более значимыми или напряженными» (Vorup et al., 2006). Эта насыщенность предчувствиями, видениями и обещаниями уже сопровождала подъем геномики (Hedgecoe and Martin 2003; Fortun 2005; Sunder Rajan, 2006; Martin et al., 2008; Tutton, 2011), и именно на этом фоне мы хотим рассмотреть современный пик ожиданий в связи с эпигеномикой. В частности, мы находим, что шумиха, сопровождающая эпигеномику, в основном на уровне научно-популярных публикаций, но также и в отдельных группах научного сообщества, зиждется на двойственном понимании ее отношений с геномикой: с одной стороны – в качестве недостающего звена, которое может помочь в достижении успеха там, где геномика терпит провал, а с другой стороны – в качестве квантового скачка, вызванного успехами самой геномики. Происходит это потому, что взрывное развитие эпигеномики, как мы кратко резюмируем ниже, происходит на особой и очень интересной фазе ожиданий и обещаний в самой геномике (литературу по периодическим подъемам внушаемости внушаемого см. в Van Lente et al., 2013).

После относительного разочарования в связи с медленными темпами внедрения геномных знаний в клиническую практику геномика сейчас фактически отвоевывает позиции под влиянием беспрецедентных успехов в умении секвенировать индивидуальные геномы. Если кратко, вновь обретенная уверенность в геноме как в объяснительном ресурсе для наследуемых признаков (особенно болезней) у людей точно маркирует переход от порожденного проектом «Геном человека» весьма обобщенного понимания того, что записано в геноме, к в высшей степени конкретным последовательностям множества индивидуальных геномов – индивидуальных не только в том смысле, что они относятся к индивидам, но также, и все более, в том, что они относятся к индивидуальным клеткам индивида. От раковых заболеваний (Burrell et al., 2013) до нарушений неврологического развития (Poduri et al., 2013), а на самом деле и до нормального развития (De, 2011), следующее поколение секвенирования вывело генетическую гетерогенность наших клеток на передний план и тем самым стало проливать свет на поистине беспрецедентный масштаб нашей соматической мозаичности (то есть генетических различий между клетками одного организма) и предусматривать для нее важную роль в самых разнообразных условиях. В самом деле, причем самым ироничным образом, технология эпигенетического перепрограммирования (она позволяет возвращать эпигеном отдельных соматических клеток в исходное положение и получать из них неограниченное число плюрипотентных стволовых клеток, что, среди прочего, сильно облегчает секвенирование генома) стала одним из самых мощных подходов к зондированию глубины нашего геномного разнообразия как в отдельном, так и в разных организмах (Takahashi and Yamanaka, 2006; Abyzov et al., 2012). На фоне этих достижений, которые все вместе позволяют еще раз подчеркнуть важность геномом как объяснительного ресурса для медицины, мы можем теперь видеть, как пересечение двух дискурсов отражает отмеченные выше двойственные отношения между геномикой и эпигеномикой.

С одной стороны, в той степени, в какой, допустим, даже наивные ожидания немедленных последствий реализации проекта «Геном человека» оправданы не полностью, эпигеномика действительно прогрессировала в рамках нового многообещающего дискурса, где ее результаты трактуются как «ключевой 'отсутствующий фрагмент' головоломки, какой является этиология заболеваний, и считаются восполнившими то, что ожидалось от ныне дискредитированного "геноцентрического" подхода к болезням человека» (Szyf, 2011). Примеров такого дискурса предостаточно, и они ярко свидетельствуют об энтузиазме по отношению к эпигенетике в биомедицине (Feinberg, 2008; Choi and Friso, 2010; Petronis, 2010; Chadwick and O'Connor, 2013; Mill and Heijmans, 2013).

С другой стороны, возможность изучения как геномов, так и эпигеномов с беспрецедентной точностью наводит на мысль о новом дискурсе, где первые отводят первичность относительно вторых – начиная с того, что в основе растущего числа заболеваний обнаруживаются генетические мутации эпигенетических регуляторов (Ronan et al., 2013), и до представлений, по которым соматическая генетическая мозаичность не только широко распространена в развитии и при старении, но может сама влиять «на эпигенетические паттерны и уровни экспрессии генов и, в конечном счете, на фенотипы клеток» (De, 2011). Ясно, что в зависимости от того, насколько далеко отклоняется маятник к полюсам этих двух дискурсов, можно наблюдать целый диапазон эпистемологических нюансов – от взаимоисключения в попытках заменить геном эпигеномом или, наоборот, в качестве объяснительных ресурсов, до взаимопомощи в попытках исследовать их все более заметную взаимосвязь.

В этом отношении неудивительно, что особой информативностью для пересмотра этих двух дискурсов обладают исследования, проводимые на близнецах. Близнецы, удивлявшие на протяжении всей человеческой истории, сейчас превратились в уникальный вызов для науки и в столь же уникальную возможность, поскольку некоторые из них определены как монозиготные, то есть эмбриология и генетика позволили проследить их развитие до идентичности клеточных и генетических составляющих этих организмов, что ставит их отдельно от случаев меньшей степени родства, обусловленного общностью внутриутробного развития (эпигенетического контекста, если на современном языке (см. Nowotny and Testa, 2011). Генетическая идентичность монозиготных близнецов, противопоставленная их фенотипическим различиям, стала наиболее заметным проявлением недостаточности генома как единственного или хотя бы главного детерминанта/предиктора человеческих признаков и по этой причине создает уникальную возможность для выявления роли негенетических факторов в развитии. В предложенной для нее ипостаси важнейшего промежуточного звена между генотипом и фенотипом или генотипом и средой (со всеми сдвигами туда-сюда, какие мы видели выше) эпигенетика приобретает все большее значение и в изучении близнецов. Свидетельством этому является, возможно, самый далеко идущий и обоснованный проект «Исследование при- и постнатальной эпигенетики близнецов», в котором предусмотрено подробное систематическое и проспективное изучение индивидуальной эпигенетической изменчивости в когортах близнецов, на-

чиная с рождения (Loke, 2013), что в свою очередь является продолжением первого подробного систематического исследования эпигенетических изменений, которые накапливаются на протяжении жизни монозиготных близнецов (Fraga, 2005).

На этом фоне хорошим примером является недавняя научно-популярная книга Тима Спектора «Тождественно разные» (Specor, 2012), причем именно потому, что Спектор – это ведущий специалист в исследованиях на близнецах (профессор генетической эпидемиологии в Королевском колледже и основатель Британского реестра близнецов, одной из крупнейших мировых коллекций такого рода), а в данном случае еще и популяризатор эпигенетических открытий. Свою книгу Спектор начинает признанием: «...еще три года назад я был одним из многих ученых, которые разделяют геноцентрический взгляд на мир как само собой разумеющийся», а продолжает ее трансляцией в массовую культуру эпистемологической напряженности, создаваемой эпигенетическими исследованиями в стремлении к новой парадигме, которая должна сработать там, где *классический геноцентризм потерпел провал*. Если исследования на близнецах заземляют на геном только 35 процентов изменчивости по всему спектру психологических и медицинских признаков (Specor, 2012, с. 147), то, спрашивается, где искать остальную необъяснимую изменчивость, если не в эпигенетике? – таков основной аргумент Спектора. Суть, однако, состоит в том, как эта необъяснимая изменчивость, вся аналоговая ширь сигналов из окружающей среды, о которой речь шла выше, должна быть соотнесена с той дискретной генетической картой, ее кодами или схемами, которые и сделали возможным возникновение геноцентрической парадигмы. Если просто взять пример из книги Спектора, то «ген религиозности» в этом изложении так и сохраняется во всех попытках выразить сложные явления культуры через молекулярные коды – с той лишь разницей, что этим коды приобретают вид гибких и обратимых переключений, а не фиксированных контуров (с. 7).

В общем, наш вывод смешанный. Если смотреть на эпигенетику как на радикальное отрицание первичной дискретности языка генетики, можно прийти к разочарованию и вполне заключить по аналогии с известным шедевром итальянской литературы XX в. «Леопард», что «изменить нужно все, поэтому все останется по-прежнему» (Tomasi di Lampedusa, [1958] 1960). Если же искать в эпигенетике отрицание генетического детерминизма, который преуспел именно благодаря использованию этого самого дискретного языка, но при этом учитывать, а не игнорировать контекст (среду, биографию, образ жизни и так далее), то инновационный посыл этой области можно воспринять с большей вероятностью.

Эпигенетические фантазии

Для работ по социологии науки недавнего времени характерен растущий интерес ко все более широкому полю деятельности, где ученые выступают в качестве «творцов культуры» (Fujimura, 2003). Такие понятия, как воображение и фантазии, использованы несколькими авторами с целью подчеркнуть «историзм и социокультурный характер» контекста, в котором научное знание включает «технические, биоматериальные, политико-экономические, соци-

альные, культурные и этические элементы» и приобретает их форму (Fortun and Fortun, 2005). То, как научные дискурсы встраиваются в другие культурные дискурсы и будят воображение ученых и общества, проанализировано и для генетики и геномики.

В контексте исследований по ядерной энергетике Ясанов и Ким (Jasanoff and Kim, 2009) вводят понятие «социотехнические фантазии» в несколько ином смысле, делая это с целью подчеркнуть «продвижение и приятие науки и технологий в ненаучной среде» и национальные различия в «коллективно воображаемых формах социальной жизни и социального порядка, отраженные в (таких-то) научных и/или технологических проектах» (с. 120). Поэтому именно в контексте возобновления интереса к воображению и фантазиям в науке можно предположить третью линию рефлексивного исследования эпигенетических знаний – изучение того, что мы здесь называем «эпигенетическими фантазиями».

Всего за несколько последних лет эпигенетика показала себя в качестве мощного творческого инструмента. Глубокое влияние эпигенетики на общество и на его символический ландшафт можно иллюстрировать ее быстрым распространением в популярной прессе, в научно-популярных книгах (Francis, 2011; Carey, 2012) и в документальных фильмах (таких, например, как программа Би-Би-Си «Призрак в вашем гене» или в более поздней «Тайная жизнь наших генов»), а также целым рядом новых основополагающих историй, которые, похоже, играют ту же роль, какую клинический случай Доры сыграл для Фрейда, крошка Альберт для бихевиоризма и совсем недавно Финеас Гейдж для нейротики. Эти воистину «впечатляющие эпигенетические штучки» (Davey Smith, 2012) постоянно перемываются широкой публикой, что иллюстрирует социальную/историческую актуальность эпигенетики: от гипотезы «бережливого фенотипа» в проекте DOnaD до влияния голодной зимы в Голландии (1944–1945) на продолжительность жизни десятилетия спустя, в том числе у людей, испытавших голод до рождения (среди них, говорят, была и Одри Хепберн), от последствий блокады Ленинграда до трансгенерационных эффектов голода в отдаленной деревушке Оверклик в Северной Швеции.

Также на современные популярные фантазии влияют и даже оказываются «в топе жанра» более близкие к экспериментальной науке истории, например, включение и выключение гена агути у мышей с помощью богатой метильными группами материнской диеты в период беременности, что делает генетически идентичное потомство фенотипически разным по окраске шерсти, а главное, по весу мышей и их предрасположенности к заболеваниям (Waterland and Jirtle, 2003, 2004). Передача таких эффектов во второе поколение стала символом идеи о том, что не только материнская, но и бабушкина диета может оказать огромное влияние на здоровье уже не детей, а внуков, соответственно классическому эпигенетическому лозунгу: «Ты есть то, что ела твоя бабушка» (Pruy, 2004). Культурный статус, особенно в смысле значения для прикладных социальных исследований, приобрела работа (Meaneu, 20016), в которой изучалось, как изменчивость в материнском поведении крыс изменяет паттерн метилирования у потомства и как эти эпигенетические изменения влияют на следующее поколение, но могут быть отменены передачей крысят

на воспитание более «отзывчивым матерям». Это исследование наряду с изучением глюкокортикоидных рецепторов в связи с жестоким обращением с детьми (McGowan et al., 2009) было расценено как свидетельство того, как социальный опыт попадает «под кожу» (Human, 2009), а сама метафора широко распространилась в социологическом контексте и сегодня подкрепляется параллельными представлениями об эпигенетическом влиянии «на ум» (Toyokawa et al., 2012).

Наконец, эпигенетическое воображение также имеет отношение к новым источникам метафор (Nerlich and Stelmach, 2013). Эти метафоры существенно отличаются от языка, на котором характеризуют генетической ландшафт. В эпигенетике метафоры призваны показать обратимость (тогда как прежде – стабильность: карандашные записи могут быть стерты, а записи чернилами нет; эпигенетический – «софт» в отличие от геномного – «железа»), изменчивость генетических текстов (эпигенетика напоминает немецкий умлаут, который может изменить смысл слова без изменения последовательности букв – Urnov and Wolffe, 2001, или стикер – всего лишь аннотация к генетическому алфавиту), сохранение прошлого опыта через поколения («призрак в гене», «клеточная память о прошлых событиях», «атомная бомба замедленного действия в наших генах», яд, проклятие, шрам, метка на гене и т. д.), холистический взгляд на биологические процессы (эпигенетика как «симфония» элементов, заменившая абсолютизм гена как «режиссера спектакля», см. Noble, 2006; Qiu, 2006; Francis, 2011), а также укрепляют новый язык программирования (зародышевое программирование, экологическое и социальное программирование и т. д.).

Путь 2. Эпигенетика между фактами и интересами

Второй важный аспект появления программы исследований «эпигенетика и общество» касается возможных политических, правовых и этических последствий эпигенетических исследований. Следуя по стопам предшествующего ей проекта «Геном человека», эпигенетика также стала вносить вклад в исследования собственного этического, правового и социального значения (Ethical, Legal and Social Implications – ELSI).

Сомнений в актуальности исследований в духе ELSI, которые были инициированы еще в рамках проекта «Геном человека», быть не может, как в смысле того, что достигнуто ими самими, так и того, чему они дали ход в более широком смысле для социологически ориентированного развития наук о жизни. Но в этой работе мы ставим перед собой задачу, которая явно отличается от обсуждения эпигенетики в контексте ELSI, и, как мы надеемся, на самом деле будет более полезно ориентировать ее по линии инноваций. Причина здесь в том, что даже в самой рафинированной форме сами формулировки в стиле ELSI содержат глубокие допущения, часто непреднамеренные или во всяком случае непроверенные, относительно движения инноваций в наукоемких обществах. В конце концов, при обсуждении проблем ELSI сам акцент на *значении* того или другого подрывает модель, согласно которой научно-техническая изобретательность предшествует социальному новшеству (в мягком варианте) или явно продвигает его (в более жестком исполнении). Таким образом, зада-

чей с самого начала является скрупулезный анализ демаркации объектов: с одной стороны – науки (чья эпистемологическая суть нередко является черным ящиком), а с другой – общества (или его многочисленных делегатов – от законов до общественности, от правил до рынков и так далее).

Это однако имеет мало сходства с тем, что сейчас неизменно демонстрируется в течение сорока лет эмпирических исследований наук и технологий, а именно, что в технологически сложных наукоемких обществах результаты того, что происходит в науке и в законодательстве, не только взаимосвязанные, но взаимопроницающие. Идиома со-продукции (Jasanoff, 2004) отражает это взаимопроникновение особенно точно, показывая, как, когда соглашения в конце концов достигаются, они устанавливают порядок только в научном, но не нормативном смысле. В терминах Латура (Latour, 2004) предлагаемый нами второй путь зарождающихся социологических исследований эпигенетики такой: определить, как содержание эпигенетического факта мобилизовано в виде предмета социальных интересов и, наоборот, как предмет социальных интересов становится содержанием эпигенетического факта, при этом не упуская из виду и то, как предмет эпигенетических интересов может становиться содержанием социального факта⁴.

Конкретно, мы предвидим два главных направления такой мобилизации: (1) дискретизация и цифровое представление окружающей среды с сопутствующим дискурсом о коллективной и индивидуальной ответственности, включая представления о трансгенерационной ответственности; (2) выявление отчетливых эпигеномных подгрупп населения с целью объективизации, в молекулярных терминах, невыгодных начальных условий и/или неравенства социальных структур.

Дискретизация среды: пластичность, ответственность и безупречность

Дискретизация и соответствующее цифровое представление окружающей среды и ее влияния на ответственность обнажает главное противоречие в молекулярной эпигенетике: между стабильностью и обратимостью. С одной стороны, молекулярная эпигенетика обещает распутать связи между геномом и окружающей средой, социальными факторами и личным опытом индивида, делая после публикаций (Keller, 2011) и совсем недавно (Griffiths and Stotz, 2013) видимыми молекулярные детали реактивности генома. Почти по определению, эта открытость генома среде в широком смысле зовёт к переменам, к представлению о том, что, коль скоро геном был понижен в звании от оплота первичности в причинно-следственных отношениях до участника запутанных круговоротов реактивных ресурсов развития, биологические судьбы становятся обратимыми и доступными для вмешательства. От массивированных инвестиций в эпигенетические модификаторы в качестве новых лекарственных препаратов до растущей значимости *экологической эпигенетики* (как благословения или проклятия?) многое в современной эпигенетике вращается вокруг обещаний.

⁴ *От редакции.* Социальный факт – термин, предложенный Э. Дюркгеймом для обозначения социальных явлений, существующих вне желания или сознания отдельного человека и оказывающих принудительное воздействие на него.

С другой стороны, эпигенетические феномены в более строгом смысле – а именно они привлекают самое широкое внимание – это те, что обычно противятся изменениям, и такие состояния сохраняются даже при нарушении геномной регуляции в циклах репродукции клеток или организмов. С другой стороны, те же факторы (внешней среды или иные), что ведут к изменениям, оставляют за собой отпечатки и чуть ли не шрамы. Эту двойственность (или, правильнее сказать, диалектичность) сделали очевидной революционные исследования (Meaneу, 2001b; Weaver et al., 2004) влияния материнской заботы на экспрессию генов при развитии нервной системы у крысят, получившие культовый статус в современных исследованиях биосоциальных связей, включая недавнее расширение этих работ на человеческий мозг (McGowan et al., 2009). Эти исследования отражают глубокую напряженность в эпигенетических исследованиях, заложенную в само понятие «пластичность» (Malabou, 2008). Пластичность мозга и пластичность генома являются тем, что может определять весь ваш облик, который однако может быть изменен также и извне: вы не можете изменить ваши гены, но гены (то есть способы их работы) могут быть изменены, повреждены, оказаться нарушенными (или улучшенными) под воздействием окружающей среды. Таким образом, именно на базе этого противоречия между пассивностью и активностью мы можем с наибольшей пользой разместить эпигенетическую интеллектуальную программу «молекуляризации» окружающей среды в цифровой форме, что сделает ее воздействия на живые существа измеримыми, архивируемыми и доступными сравнению.

Неудивительно, что этот цифровой подход вместе с новыми технологиями, которые он раскрывает и стимулирует, вступает в качестве мощного ресурса в перестройке индивидуальной и коллективной ответственности. Все более заметная пластичность эпигенома подкрепляет новый постгеномный дискурс, в котором геном понимается как нечто податливое, что можно настроить и изменить при помощи «расширенной практики» (Spector, 2012). «Практика» является здесь ключевым понятием, поскольку она охватывает то, как потенциальная обратимость эпигенетических меток создает основания для непрерывного вмешательства и/или сохранения, позволяющего сохранить пластичные и, следовательно, уязвимые состояния. Таким образом ответственность наступает как ответ на оба последствия эпигеномной пластичности: (I) с одной стороны – хрупкость и риски, стимулирующие необходимость защиты собственного эпигенома от внешних воздействий (будь они связаны хоть с образом жизни, хоть с профессиональными вредностями, с загрязнителями окружающей среды и т. д.); (II) с другой стороны – перспективы и шансы улучшить собственные задатки.

Эта диалектика пронизывает как научную, так и популярную литературу, что хорошо показывает недавно опубликованная журналом «Тайм» статья (Cloud, 2010), где эпигенетика представлена широкой публике как источник плохих и хороших новостей: первые – об уязвимости эпигенома при неправильном образе жизни («если слишком много есть, это может изменить эпигенетические метки в ДНК так, что гены, ответственные за ожирение, будут чрезмерно активированы, и гены долголетия подавлены»), вторые – о недавно

осознанной способности «манипулировать эпигенетическими метками в лаборатории», а это означает, что ученые «разрабатывают препараты, которые лечат болезни просто путем инактивации плохих генов и активации хороших». Тем, что, по всей видимости, ожидается в будущем и уже начинает разворачиваться, станет значительное расширение «заботы о себе» по Фуко (Foucault, 1988)⁵, и, по мере того как появляются конкретные примеры выхода на цифровое кодирование, они составят богатый список скрытых возможностей для исследования наук и технологий. В частности, в рамках понятия о со-производстве можно будет понять, как процессы сбора, стандартизации и сертификации эпигенетических научных данных будут приводиться в соответствие с политическими, правовыми и экономическими соображениями в достижении новых договоренностей (или, возможно, в подкреплении уже существующих) по вопросам некоторых самых устойчивых дихотомий, которые структурируют наши понятия о человеческом опыте: нормальное – патологическое (или, наоборот, оздоровленное), безопасное – опасное, натуральное – искусственное, индивидуальное – коллективное.

Но при эпигенетическом цифровом кодировании функций окружающей среды в пространственном перестройку организма в соответствии с различными путями воздействия среды на организм (вместе с энергетическими структурами, в которые они воплощаются) не менее важным является временной аспект. Действительно, неотъемлемым от этой же интеллектуальной проекции будет представление о том, что эпигенетическое тело содержит следы своего прошлого и семени, прорастающие в будущее, не только наше, но и наших прямых потомков, а возможно, и нескольких следующих поколений. Как мы видели выше, устойчивость эпигенетических состояний в ряду поколений, особенно если это касается людей, остается предметом интенсивных исследований (и ожесточенных споров), а также магнитом, притягивающим интерес широкой публики тем, что отражает своего рода замороженность организма эпигенетикой, как это особенно четко выражено в названии документального фильма Би-Би-Си об эпигенетике «Призрак в ваших генах» и в громком заявлении: «Жизнь ваших бабушек и дедушек – воздух, которым они дышали, пища, которую они ели, даже то, что они видели, – может спустя десятилетия напрямую влиять на вас, хотя вы никогда не испытывали всего этого сами».

В принципе, мы видим не только в такой в игре, но и все более на практике, как расширяется концепция ответственности, которая выходит за пределы личности и ее непосредственного потомства, способствуя материализации новых связей между по-

колениями. И действительно, именно на этот аспект уже обратили внимание специалисты по биоэтике и праведы в переоценке влияния психотравмирующих социальных событий на смежные поколения и в прогнозировании «эпигенетических эффектов, вызываемых химическими веществами и другими факторами окружающей среды и могущих стать новым источником судебных разбирательств и материальной ответственности в рамках общего права. Такие разбирательства, особенно когда это касается второго и третьего поколений, поднимают ряд новых проблем и вопросов» (Rothstein et al., 2009). Что интересно, так это как идеи об естественном, нормальном и безупречном, которые сформировали дискурс о геноме как коллективном ресурсе, нуждающемся в защите («наследие человечества» с его естественным состоянием, как это формулирует ЮНЕСКО), будут сопряжены с эпигеномом, когда дело дойдет до так называемого равенства поколений. Мы уже видим проблески такого сопряжения один к одному в рекомендации: «Каждое поколение должно поддерживать качество человеческого генома и эпигенома и передавать их в состоянии не хуже того, в каком они были у нынешнего поколения» (там же).

Именно понятие «качество эпигенома», вероятно, станет ареной научных и социальных споров, когда мы перейдем от уже ставшей проблемной задачи определения эталонных эпигеномов как стандартов для достижения прогресса в этой сфере (то есть главного в ИНЕС) к еще более серьезной проблеме принятия и интерпретации этих стандартов в терминах коллективных политических мер (Dupras et al., 2012; Hedlund, 2012). «Каждый из нас несет гораздо большую ответственность, чем мы могли бы себе вообразить», – утверждает популярный американский медицинский сайт (www.drfranklipman.com/faqs-on-epigenetics/). Действительно, самым заметным эффектом этой истории с наделением всех гипер-ответственностью, вероятно, будет то, что идет от активного морализаторства на тему материнского тела и поведения в связи с тем, что пишется об эпигенетике в документах ДОНАД. Эпидемиологические исследования, связывающие образ жизни (питание, курение) мальчиков в период полового созревания с риском заболевания у внуков и в целом по мужской линии (Pembrey, 2002; Pembrey et al., 2005), возможно, снизят давление на матерей, как это уже заявлено (Shulevitz, 2012), но тело матери и ее образ жизни до сих пор остаются в центре внимания (Richardson, готовится к публикации) как предмет ответственности за вредные эпигенетические последствия для здоровья ребенка. Как остро замечает Ричардсон, в трех самых что ни на есть классических исследованиях эпигенетических механизмов (ген агути у мышей, сезонные эффекты у полевок и вычесывание/вылизывание у крыс) эпигенетические модификации всегда опосредованы поведением и физиологией матерей.

Эпигенетика в дискурсах социальной политики и здравоохранения

Второе направление исследований касается больших надежд, которые возлагаются на эпигенетику в социальной политике и здравоохранении. Биологические аргументы в социальной политике имеют достойную историю дискредитации в качестве заведомого оправдания естественного неравенства,

⁵ От редакции. «Care of the self», тем более в смысле Фуко, это совсем не то же самое, что «self-care» (забота о себе в житейском смысле – диета, режим дня и т.д.). Мишель Фуко (не путать с Леоном Фуко – маятник имени которого фигурирует в известном романе Умберто Эко) – авторитетнейший «на Западе» французский философ, знаменитый трудами по вопросам социума, личности и дискурса как способа взаимодействия между ними. В частности, он рассматривал вопросы структурирования дискурса, необходимого для самоопределения личности в социуме со всеми его науками и технологиями. Это самоопределение, которое требуется для обретения свободы личностью, является аспектом «care of the self», а это в свою очередь – вообще центральный, по мнению М. Фуко, вопрос настоящей философии. Примерно так. Чтобы точнее, надо поднять великое множество пространственных философских трудов, где авторы пытаются объяснить друг другу (а значит и самим понять наконец), что все это может значить.

социальных иерархий и неизменности социальных структур. Эти аргументы время от времени вновь появляются на политической арене, например, в Великобритании в недавней полемике советника по вопросам политики на тему «Почему генетика перевешивает обучение» (Wintour, 2013). Биологию рассматривают как разновидность судьбы, но очевидно, что эпигенетика может внести большой вклад в изменение этого стереотипного взгляда. Указывая на новые отношения между биологическими и социальными событиями, в которых социальные факторы играют причинную роль в формировании человеческой биологии до степени ранее непредвиденной (Landecker and Panofsky, 2013), молекулярная эпигенетика может произвести значительные концептуальные изменения в приложениях биологических выводов к стратегиям социальной политики.

Действительно, эпигенетика уже используется, чтобы объяснять персистенцию социальных/медицинских проблем, например, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний, психических отклонений, а также нищеты, неравенства, безнадзорности, в определенных группах, и их дисфункциональную передачу из поколения в поколение. Исследование рас в США (Kuzawa and Sweet, 2009) дало очень интересный пример такого эпигенетического пересмотра различий по состоянию сердечно-сосудистой системы. Здесь эпигенетическая модель развития неравенства между черными и белыми, как сказано, обеспечивает «более экономное, чем дает просто генетика, объяснение персистенции различий по сердечно-сосудистым заболеваниям между членами социально обусловленных расовых категорий». Для этих авторов эпигенетика предлагает «важный набор механизмов, посредством которых социальные влияния могут быть материализованы и оказывать длительное и даже трансгенерационное влияние на самые насущные проблемы неравенства людей в отношении их здоровья» (там же).

Второй ключевой пример пересмотра социального неравенства в эпигенетических терминах дает эмпирическое исследование (McGuinness et al., 2012) корреляций между социально-экономическим статусом и уровнем метилирования ДНК. В этом исследовании образцов крови 239 жителей Глазго из беднейших и самых зажиточных слоев наибольшая степень снижения метилирования ДНК была выявлена у самых обездоленных участников исследования. Корреляция между социальной обездоленностью и сниженным метилированием ДНК (которое, в свою очередь, связано с повышенной предрасположенностью к воспалению и с соответствующим риском других заболеваний) позволила считать, что у aberrантного метилирования и, косвенно, у других эпигенетических показателей есть потенциал применимости в качестве новых биомаркеров социальных невзгод, небрежения и нищеты. Местные газеты приветствовали это исследование как «положившее начало объяснению причин, почему крупнейший шотландский город имеет малопривлекательное звание ‘больного Европы’». Более того, благотворительные организации отметили это исследование как пример «поразительных доказательств» влияния бедности на здоровье детей, даже не покинувших утробу матери, и предупредили, что дальнейшее снижение благосостояния только усугубит этот вред (McLaughlin, 2012).

Пока об этом, может быть, слишком рано говорить, но можно предполагать, что уже в ближайшее время эпигенетические исследования будут становиться все более и более актуальными для целей социальной политики и стратегии и, весьма вероятно, что будут располагаться на пересечении трех направлений. I) Во-первых, эпигенетические результаты будут использоваться в качестве решающего биологического свидетельства социальной обездоленности и неравенства (Miller, 2010) и повлияют на конкретные политические цели (тем самым повторив эффект проведенных в последние десять лет исследований в области социальной политики с использованием функциональной магнитно-резонансной визуализации головного мозга: Wastell and White, 2012). II) Во-вторых, в той степени, в какой эпигенетические исследования социальных бедствий, классового неравенства и других социальных факторов будут способствовать изменению биологических задатков, глубоко укоренившиеся различия между природным и социальным неравенством, которые в значительной части оформили политические науки и политическую практику, станут столь очевидно размытыми, что потребуют радикального пересмотра (Loi et al., 2013). Чтобы уловить эту интеллектуальную новизну, возникает новая гибридная терминология – вне той, что проводит различие между ‘природой’ и ‘воспитанием’ (Singh, 2012; Nature Editorial, 2012), и уже начали появляться понятия в диапазоне от «метаболического гетто» и «материнского капитала» (Wells 210) до «молекулярной биологии социального положения» (Niewöhner, 2011). III) В-третьих, эпигенетика может стимулировать появление дискурса, который на локальном уровне определит различные эпигенетические маркеры для отдельных подгрупп/субпопуляций, отражающих, например, их невыгодное положение в обществе. Эти потенциально уязвимые/находящиеся под риском субпопуляции и «окончательно подорванные» группы населения могут, таким образом, стать мишенью новой эпигенетической биополитики.

Возможное возрождение своего рода обновленного ламаркистского наследия в дискурсах по социальной политике, в соответствии с которым местные контексты могут оказывать решающее влияние на качество эпигенома и передачу травм в ряду поколений в пределах конкретных популяций, не должно заставить нас забыть о том, что в прошлом такие ламаркистские взгляды были благодарной почвой для откровенно расистских и евгенических рассуждений, примером чему может быть дискурс о необратимой дегенерации зародышевой плазмы при неблагоприятных условиях среды (как в случае с анти-ирландскими трудами британских евгенических ламаркистов, таких как E.W. MacBride; см. Bowler, 1984). Не предполагая, что это может произойти уже сегодня, социологи и политологи должны быть осведомлены о сложном и часто скрытом характере последствий, которые могут иметь разные представления о биологической наследственности при рассмотрении в политическом контексте.

Путь 3. Парадоксы соматического материализма

В связи с успехами наук о жизни (от нейронаук до эпигенетики) в последние два десятилетия произош-

ло расширение их влияния на большую частью того, что было когда-то вынесено на периметр проблемы 'воспитания', в расплывчатое, но весьма престижное пространство, где царили социальные и культурные влияния. 'Воспитание' сегодня все больше становится объектом методик измерения, цифровой кодировки и хранения информации, которые являются частью процесса «молекуляризации» средовых и социальных факторов, которая является базой для эпигенетического стиля мышления. Именно в виде кодовых представлений экологических, социальных или биографических аспектов 'воспитания' эпигеномные профили делают возможным молекулярное и иногда также доступное экспериментальному изучению понимание природы жизни. Тем не менее, хотя в последнее десятилетие молекуляризация уже спровоцировала в социологии важные дебаты (Shostak, 2005; Beck and Niewöhner, 2006; Rose, 2007; Nowotny and Testa, 2011), эпигенетика, как нам кажется, ознаменовала начало их новой стадии, которая влечет «в высшей степени выборочное сканирование социально-материальной среды с целью сделать так, чтобы ее составляющие стали доступными для экспериментальной работы на молекулярном уровне. Описание социально-материальной среды и, все более, самое повседневной жизни дается в терминах влияния на молекулярные процессы в организации» (Landecker, 2011; см. также Niewöhner, 2011).

То же относится и к возникновению и происходящему сейчас распространению такого термина, как «экспозом» (exposome), придуманного эпидемиологом Уайлдом (Wild, 2012), чтобы обозначить «все воздействия на человека, какие он испытал от зачатия до смерти»⁶. Хотя оно и важно для смещения внимания медицины к средовым факторам, оно, по мнению Ландекера и Панофски (Landecker and Panofsky, 2013), является еще и симптомом «некоторого онтологического уплощения, в результате которого разные категории вещей в мире делаются эквивалентными из-за того, что представлены в качестве разных форм одного и того же – воздействия». Суффикс «ом» в «экспозоме» отражает такую цифровую кодировку всех форм воздействия окружающей среды на организм – от материнской любви до токсинов, от продуктов питания до классового неравенства, унифицируя и объединяя все это в одну категорию и один способ упорядочивания. Именно на этом уровне можно согласиться с Локком (Lock, 2012) в том, что «эпигенетические выводы могут хорошо оттенять новый виток соматического редукционизма, потому что исследования в значительной степени ограничены молекулярным уровнем». Однако было бы неправильным считать этот новый соматический редукционизм очередным эпизодом линейно разворачивающейся Саги о возникновении современного

научного редукционизма. В эпигенетических исследованиях все гораздо сложнее и некоторым образом интереснее, так что редукционизм и материализм, какими мы видим их сегодня, могут качественно отличаться от того, что имело место в генетике в последнее десятилетие XX в.

Конкретный парадокс, на который мы хотим здесь обратить внимание, состоит в том, что, в отличие от того, что было свойственно геноцентрической биологии XX в., нынешняя беспрецедентная дефляция гена и его открытость среде с последующей утратой границ между 'природой' и 'воспитанием' приводит к новому этапу развития материализма и соматического редукционизма с его одномерностью. Мы видим здесь двухстороннее движение, которое следует изучить в деталях.

С одной стороны, чем больше ученые исследуют молекулярные переплетения генома, тем чаще они встречают «множество узлов, связывающих индивиды и их молекулы в пространственно-временной контекст, в котором они пребывают» (Niewöhner, 2011). Неудивительно, что представление о том, что линия между биологическим и социальным стерта как никогда, приветствуется и в социальных, и в гуманитарных науках. Такой подход представлен в недавней статье, где авторы приветствуют *экологическую эпигенетику*, в корне подорвавшую «границы, часто принимаемые по умолчанию, между внутренним и внешним по отношению к организму, между 'природой' и 'воспитанием', временем и пространством... В организме нет ничего, что образует четкую границу или порог между ним и внешней средой... Из этого взаимообмена молекул среды и организма следует трансформация всего того, что мы понимаем под 'природой' и 'воспитанием', грани между ними стираются» (Guthman and Mansfield, 2013, с. 12–14). Признание этой крайней степени открытости эпигенетического тела миру сигналов – конечно же, серьезный отход от общепринятых уроков биологии XX в. Наиболее распространенный взгляд на организм в XX в. был почерпнут из вейсмановского отношения к организму как к «причинно-следственному тупику» (Griesemer, 2002), то есть причинно-следственные связи в организме должны идти однонаправленно от генотипа к фенотипу (иным способом это формулируется как жесткое разграничение между «сомой» и «зародышевой плазмой»). Понятие организма по Вейсману претерпело в дальнейшем изоморфную реконструкции благодаря Ф. Крику (Crick, 1958), сформулировавшему центральную догму молекулярной биологии: она гласит, что как только «информация прошла в белок, она не может выйти обратно». Это сделало организм (на фенотипическом уровне) лишь пассивным приемником генетической информации, опосредованной белковыми цепями (или транспортными средствами генетической информации, как в более поздних размышлениях Докинза (Dawkins, 1976) в русле той же традиции). Эпигенетический организм, гораздо более соответствующий экологической традиции, или (если можно так выразиться) достигнутому к началу XX в. феноменологическому понятию об организме как о встроенном в его же жизненный контекст, кладет вейсмановскому пониманию организма конец.

С другой стороны, эпигенетика материализовала новые связи между генетическими и социальными

⁶ От авторов. В документе Института наук о влиянии среды на здоровье (National Institute of Environmental Health Science; <http://www.niehs.nih.gov/about/strategicplan/visionary-ideas/health-status/index.cfm>) понятию «экспозом» дается такое объяснение: «заменяет подход к выяснению причин заболевания, состоящий в последовательном переборе химических веществ, и включает в себя как экзогенные, так и эндогенные воздействия». Акцент на этой новой концепции очевиден по следующим строкам: «Характеризация воздействий, которым экспонирован человеческий организм, является проблемой на уровне проекта Геном человека, который был инициирован, когда секвенирование ДНК было еще в младенческом состоянии». См. также проект «Экспозом человека» на сайте humanexposomeproject.com/. В Европе в 2012 г. на экспозом были выделены два крупных гранта.

ми факторами, сделала организм как бы пористым и проницаемым для внешнего мира, и именно это сделало описание организма в молекулярных терминах возможным. Таким образом, открытость генома социальным факторам постоянно ставит ситуацию на край превращения социального в источник дифференциальной экспрессии генов. Эта диалектика постгеномных исследований косвенно признается специалистами по философии биологии, включая однозначных критиков редукционизма, таких как Гриффитс и Штоц, когда они описывают то, как на фоне современного постгеномного и эпигенетического ландшафта изучение 'воспитания' становится «потенциально редукционистским, так сказать, механистическим, подобно исследованиям в других молекулярных областях биологии» (Griffiths and Stotz, 2013, с. 5). Что мы хотим здесь подчеркнуть, так это тот факт, опять-таки по Гриффитсу и Штоцу, что «более эпигенетическое понимание природы» сопровождается «более механистическим пониманием 'воспитания'», и оба эти обстоятельства являются прямым следствием того, что сегодня гены определяются в постгеномном стиле «их более широким контекстом» (с. 228).

Мы в этом контексте не считаем, что есть смысл ставить эпигенетику на вершину развития генетики XX в. Возможно, как утверждает Сара Ричардсон, что в эпигенетических исследованиях «*гены в значительной степени так и остаются в центре*», и очень вероятно, как утверждают Ричардсон и Локк, что, хотя новая волна редукционизма в большой степени является эффектом современной эпигенетики, эпистемологические источники этого редукционизма *весьма отличны* от тех, что были в конце XX в. В то время как в геноцентризме конца XX в. – от социобиологии и далее – мы обнаруживаем усиливающиеся попытки распространить 'природу' на 'воспитание', сейчас соматической редукционизм эпигенетики является результатом обратного эпистемологического утверждения: ни 'природа', ни 'воспитание' больше не имеют смысла, так как все является частью размытой онтогенетической системы 'природа'-'воспитание', имеющей сложный и размытый характер (Meloni, 2013, 2014). То же самое понятие механизма, которое использовали Гриффитс и Штоц, следует понимать вслед за Бехтелем (Bechtel, 2008) в интегративном, квази-холистическом смысле как нечто, «в чем признается важность такой организации, где части включены в контекст, в котором функционирует весь механизм» (с. 21).

Такие же парадоксы возникают, если иметь дело с эпигенетикой как со «средством достижения согласия» в прениях о 'природе' и 'воспитании' (Keller, 2010). С одной стороны, молекулярная эпигенетика безусловно приветствуется как вызов биологически несостоятельному дуализму 'природы' и 'воспитания' (Meaney, 2001a, 2010). По собственной терминологии Гальтона⁷, оппозиция 'природы' и 'воспитания' проводит различие между «принесенным в мир при рождении» и «влияниями, которые действуют после рождения» (Logan and Johnston, 2007). Мы видим из этого простого определения, насколько ложным этот дуализм выглядит сегодня, когда мы знаем,

например, как некоторые формы пренатальных воздействий оказывают огромное влияние на фенотипы во взрослой жизни⁸.

Однако, с другой стороны, если эпигенетика действительно подрывает наивное разделение 'природы' и 'воспитания', она в то же время, нарушив эту хрупкую границу, вокруг которой возникло многое из парадигмы социальных и гуманитарных наук XX в., выносит на свет целый ворох совершенно новых концептуальных проблем. Чтобы увидеть это более ясно, мы должны поставить эпигенетические исследования в контекст более широкого фронта включения наук о жизни и культуре в рамки эволюции.

Сокрушение границ между культурным и биологическим категорически избегалось в пост-вейсмановском разделении труда между 'крепостью природы' и 'крепостью воспитания', но идет вразрез с новыми интеллектуальными трендами в биологии, от теории развивающихся систем до теории ниш⁹, которые расширили феномен биологического наследования настолько, что включают в него внегенетические ресурсы, такие как культура или символические системы. В этих тенденциях культура не является биологической адаптацией в неодарвиновском смысле, как в эволюционной психологии, или совокупностью «мемов», подлежащих изучению в рамках узкого геноцентризма, а становится тем, что требует более серьезного отношения – одним из четырех измерений эволюции, которое само по себе имеет структуру системы наследования (Jablonka and Lamb, 2005). Мы с симпатией относимся к этому теоретическому подходу, но хотели бы напомнить, что именно на такие интеграционные неоламаркистские разговоры социальные науки в начале XX в. отреагировали построением автономной парадигмы, основанной на жестком разделении биологии и культуры (Stocking, 1968; Kroeber, 1917). Новые эпигенетические рассуждения о расширенном внегенетическом наследовании, вероятно, столь же провокационны для неодарвинизма, как для социальных и гуманитарных наук (Meloni, 2014).

Заключение

Что эпигенетика предвещает революцию, об этом прямо указано в названии статьи, которое вторит популярной книге (Carey, 2012), причем это сейчас по умолчанию принято настолько, что почти не подвергается проверке. В статье мы задались целью проверить ключевые утверждения, выдвигаемые в поддержку этим революционным разглагольствованиям в среде научной и пражной публики, и начали с краткой исторической и эпистемологической переоценки различных аспектов эпигенетических представлений, часто нечетких и именно тем самым продуктивных, но порой откровенно конкурирующих одно с другим.

Более, чем с переворотом, какой внушает популярная литература, результат нашего анализа сходен с

⁸ *От редакции.* А вот здесь кто-то чего-то недопонимает. Чем пренатальные воздействия в рамках этой оппозиции отличаются от постнатальных? И там, и там на организм действует внешняя по отношению к нему среда, будь она внутриутробная или внеутробная – ему-то какая разница? «Nature» – это геномы сперматозоида и яйцеклетки, а «nurture» начинается уже с оплодотворения, а может быть, еще в фаллопиевых трубах и семявыводящих протоках.

⁹ *От редакции.* Теория ниш – весьма влиятельное течение в современной эволюционной теории, см., например, Scott-Phillips T.C., Laland K.N., Shuker D.M., Dickens T.E. and West S.A. (2014). «The Niche Construction Perspective: A Critical Appraisal». (Evolution 68:1231-43).

⁷ *От редакции.* Напомним, что именно Гальтон – автор этого фразеологизма, как отмечено в примечании 3.

тем, что итальянский теоретик политики Антонио Грамши¹⁰ еще в 1930-е гг. обозначил как «ползучая революция» (см. Gramsci and Forgacs, 1988). По его определению революция ползучая, когда, будучи далекой от радикального перелома, она разворачивается как длительный процесс, в котором прогрессивные и отсталые силы сосуществуют и взаимно перекрываются. Она пассивна (как в случае итальянского движения за воссоединение в начале XIX века, рисорджименто), потому что не имеет сил (или может даже не стремиться) изменить «главное», вот и ползет. И все же, несмотря на неопределенность пути под лозунгами, которые часто оказываются столь же пустыми, сколь и помпезными, последствия оказываются-таки революционными.

Не утрируя аналогию между политической теорией и наукой, мы полагаем, что в рамки, которые обрисовал Грамши, вполне вписываются пути, по которым

амбиции молекулярных эпигенетиков обновляют нынешний дискурс по вопросам жизни, при этом сохраняя лояльность молекулярным позициям, которые сделали их столь продуктивными и, соответственно, заметными в обществе. Если вкратце, мы утверждаем, что эти амбиции состоят в том, чтобы связать регуляцию генома с цифровой кодировкой окружающей среды, что высвобождает временное измерение, вносимое этой связью (включая и далеко идущие примеры трансгенерационного наследования).

Мы продолжили свой анализ вопросом, как следование этим амбициям обнажает важнейшие противоречия в молекулярной эпигенетике (от эпистемологических до нормативных), открывая точки входа социологически направленному анализу, для которого мы предложили три пути и надеемся, что они помогут структурировать участие социологов в этой все еще зарождающейся области наук о жизни.

ЛИТЕРАТУРА

Общий список литературы/Reference List

1. Abyzov, A. et al. (2012) Somatic copy number mosaicism in human skin revealed by induced pluripotent stem cells. *Nature* 492(7429): 438–442.
2. Bechtel, W. (2008) *Mental Mechanisms. Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*. New York: Routledge.
3. Beck, S. and Niewöhner, J. (2006) Somatographic investigations across levels of complexity. *BioSocieties* 1(2):219–27.
4. Bird, A. (2007) Perceptions of epigenetics. *Nature* 447(7413):396–8.
5. Boniolo, G. and Testa, G. (2011) The identity of living beings, Epigenetics, and the modesty of philosophy. *Erkenntnis* 76(2):279–98.
6. Borup, M., Brown, N., Konrad, K. and Van Lente, H. (2006) The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management* 18(3/4):285–98.
7. Bowler, P. (1984) E. W. MacBride's Lamarckian eugenics and its implications for the social construction of scientific knowledge. *Annals of Science* 41(3):245–60.
8. Brante, T., Fuller, S. and Lynch, W. (1993) *Controversial Science: From Content to Contention*. New York: SUNY Press.
9. Brown, N. and Michael, M. (2003) A sociology of expectations: Retrospecting prospects and prospecting retrospects. *Technology Analysis and Strategic Management* 15(1):3–18.
10. Brown, N., Rappert, B. and Webster, A. (eds.) (2000) *Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience*. Aldershot, UK: Ashgate.
11. Burrell, R.A., McGranahan, N., Bartek, J. and Swanton, C. (2013) The causes and consequences of genetic heterogeneity in cancer evolution. *Nature* 501(7467): 338–45.
12. Carey, N. (2012) *The Epigenetics Revolution: How Modern Biology is Rewriting our Understanding of Genetics, Disease, and Inheritance*. New York: Columbia University Press.
13. Chadwick, R. and O'Connor, A. (2013) Epigenetics and personalized medicine: Prospects and ethical issues. *Personalized Medicine* 10(5):463–471.
14. Champagne, F. (2010) Epigenetic influence of social experiences across the lifespan. *Developmental Psychobiology* 52(4):299–311.
15. Chan, T.L. et al. (2006) Heritable germline epimutation of MSH2 in a family with hereditary nonpolyposis colorectal cancer. *Nature Genetics* 38(10):1178–83.
16. Choi, S.-W. and Friso, S. (2010) Epigenetics: A new bridge between nutrition and health. *Advances in Nutrition* 1(1):8–16.
17. Church, D. (2007) *The Genie in Your Genes: Epigenetic Medicine and the New Biology of Intention*. Santa Rosa, CA: Elite Books.
18. Cloud, J. (2010) Why your DNA isn't your destiny. *Time Magazine* 6 January.
19. Crick, F.H.C. (1958) On protein synthesis. *Symposia of the Society for Experimental Biology* XII:139–63.
20. Davey Smith, G. (2012) Epigenetics for the masses: More than Audrey Hepburn and yellow mice? *International Journal of Epidemiology* 41(1):303–8.

¹⁰ От редакции. Антонио Грамши был, между прочим, основателем коммунистической партии Италии и высоко котиrowался и обильно издавался в СССР, пока тогдашние идеологи не обратили внимание на его концепцию молекулярной (!!!) революции. Авторы публикуемой статьи обошли это обстоятельство стороной. Но ведь это – та самая «молекуляризация» 'воспитания', о которой в статье речь, но в смысле не биологическом, а в таком, что революционная ситуация складывается из единичных «молекулярных» событий на уровне отдельных индивидов, а не в результате «популяционных»

взаимодействий между классами. В СССР Грамши был объявлен ревизионистом и изъят из общественного обихода. Но есть подозрение, что в практике идеологической борьбы его идеи применялись вовсю (поэтому и не оглашались), причем это удивительным образом перекликается с содержанием еще одной статьи, публикуемой в этом номере «Биосферы», – об окнах Овертона, где цитируется та же книга С.Г. Кара-Мурзы «Манипуляция сознанием», откуда взяты приведенные выше сведения.

21. Dawkins, R. (1976) *The Selfish Gene*. New York: Oxford University Press.
22. Daxinger, L. and Whitelaw, E. (2012) Understanding transgenerational epigenetic inheritance via the gametes in mammals. *Nature Reviews Genetics* 13(3):153-62.
23. De, S. (2011) Somatic mosaicism in healthy human tissues. *Trends in Genetics* 27(6):217-23.
24. Der, Spiegel (2010) *Der Sieg über die Gene*, <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-73109479.html>.
25. Doolittle, W.F. (2013) Is junk DNA bunk? A critique of ENCODE. *Proceedings of the National Academy of Sciences U S A*. 110(14):5294-300.
26. Dupras, C., Ravitsky, V. and Williams-Jones, B. (2012) Epigenetics and the environment in bioethics. *Bioethics*. online 1 October, doi: 10.1111/j.1467-8519.2012.02007.x.
27. Dupré, J. (2012) *Processes of Life: Essays in the Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
28. Ebrahim, S. (2012) Epigenetics, the next big thing. *International Journal of Epidemiology* 41(1):1-3.
29. Elman, J., Bates, E.A., Johnson, M.H., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D. and Plunkett, K. (1996) *Rethinking Innateness: A Connectionist Perspective on Development*. Cambridge, MA: MIT Press.
30. Engelhardt, Jr.H.T. and Caplan, A.L. (eds.) (1987) *Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
31. Feinberg, A.P. (2008) Epigenetics at the epicenter of modern medicine. *JAMA* 299(11):1345-50.
32. Fortun, M. (2005) For an ethics of promising, or: A few kind words about James Watson. *New Genetics and Society* 24(2):157-74.
33. Fortun, K. and Fortun, M. (2005) Scientific imaginaries and ethical plateaus in contemporary U.S. toxicology. *American Anthropologist* 107(1):43-54.
34. Foucault, M. (1988) Technologies of the self. In: L.H. Martin, H. Gutman and P. Hutton (eds.) *Technologies of The Self: A Seminar with Michel Foucault*. Amherst, MA: University of Massachusetts Press.
35. Fraga, M.F. et al (2005) Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygotic twins. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 102(30):10604-9.
36. Francis, R. (2011) *Epigenetics: The Ultimate Mystery of Inheritance*. New York: W.W. Norton.
37. Fujimura, J.H. (2003) Future imaginaries: Genome scientists as socio-cultural entrepreneurs. In: A. Goodman, D. Heath and S. Linde (eds.) *Genetic Nature/Culture: Anthropology and Science Beyond the Two Culture Divide*. Berkeley, CA: University of California Press, pp. 176-199.
38. Gramsci, A. and Forgacs, D. (1988) *An Antonio Gramsci Reader: Selected Writings, 1916-1935*. New York: Schocken.
39. Graur, D., Zheng, Y., Price, N., Azevedo, R.B., Zufall, R.A. and Elhaik, E. (2013) On the immortality of television sets: "Function" in the human genome according to the evolution-free gospel of ENCODE. *Genome biology and evolution PMID*, online first 20 February; doi:10.1093/gbe/evt028.
40. Griesemer, J. (2002) What is 'epi' about epigenetics? *Annals of the New York Academy of Sciences* 981(1):97-110.
41. Griffiths, P. and Stotz, K. (2013) *Genetics and Philosophy*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
42. Guthman, J. and Mansfield, B. (2013) The implications of environmental epigenetics: A new direction for geographic inquiry on health, space, and nature-society relations. *Progress in Human Geography* 37(4):486-504.
43. Haig, D. (2004) The (dual) origin of epigenetics. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 69(1):67-70.
44. Haig, D. (2012) The epidemiology of epigenetics. *International Journal of Epidemiology* 41(1):13-6.
45. Hallgrímsson, B. and Hall, B. (eds.) (2011) *Epigenetics: Linking Genotype and Phenotype in Development and Evolution*. Berkeley, CA: University of California Press.
46. Hedgecoe, A. and Martin, P (2003) The drugs don't work: Expectations and the shaping of pharmacogenetics. *Social Studies of Science* 33(3):327-64.
47. Hedlund, M. (2012) Epigenetic responsibility. *Medicine Studies* 3(3):171-83.
48. Hurd, P. (2010) The era of epigenetics. *Briefings in Functional Genomics* 9(5-6):425-8.
49. Hyman, S. (2009) How adversity gets under the skin. *Nature Neuroscience* 12(3):241-3.
50. Keller, E.F. (2000) *The Century of the Gene*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
51. Keller, E.F. (2010) *The Mirage of a Space between Nature and Nurture*. Durham, NC: Duke University Press.
52. Keller, E.F. (2011) Genes, genomes, and genomics. *Biological Theory* 6(2):132-40.
53. Kroeber, A. (1917) The superorganic. *American Anthropologist* 19(2):163-213.
54. Kuzawa, C. and Sweet, E. (2009) Epigenetics and the embodiment of race: Developmental origins of US racial disparities in cardiovascular health. *American Journal of Human Biology* 21(1):2-15.
55. Jablonka, E. and Lamb, M. (2005) *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge, MA: MIT Press.
56. Jasanoff, S. (ed.) (2004) *States of Knowledge: The Co-Production of Science and the Social Order*. London: Routledge.
57. Jasanoff, S. and Kim, S.H. (2009) Containing the atom: Sociotechnical imaginaries and nuclear power in the United States and South Korea. *Minerva* 47(2):119-46.
58. Jirtle, R. (2012) Epigenetics: How Genes and Environment Interact. Lecture delivered at the NIH Director's Wednesday Afternoon Lecture Series 18 April, <http://randyjirtle.com/media?id=2>, accessed 1 November 2013.
59. Landecker, H. (2011) Food as exposure: Nutritional epigenetics and the new metabolism. *BioSocieties* 6(2):167-94.

60. Landecker, H. and Panofsky, A. (2013) From social structure to gene regulation, and back: A critical introduction to environmental epigenetics for sociology. *Annual Review of Sociology* 39(July):333-57.
61. Latour, B. (1999) *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
62. Latour, B. (2004) Why has critique run out of steam? From matters of fact to matters of concern. *Critical Inquiry* 30(2):225-48.
63. Lewkowicz, D.J. (2011) The biological implausibility of the nature–nurture dichotomy & what it means for the study of infancy. *Infancy* 16(4):331-67.
64. Ligtenberg, M.J. et al. (2009) Heritable somatic methylation and inactivation of MSH2 in families with Lynch syndrome due to deletion of the 3' exons of TACSTD1. *Nature Genetics* 41(1):112-17.
65. Lock, M. (2012) The epigenome and nature/nurture reunification: A challenge for anthropology. *Medical Anthropology* 32(4): 291-308.
66. Logan, C. and Johnston, T. (2007) Synthesis and separation in the history of 'nature' and 'nurture'. *Developmental Psychobiology* 49(8):758-69.
67. Loi, M., Del Savio, L. and Stupka, E. (2013) Social epigenetics and equality of opportunity. *Public Health Ethics* 6(2):142-53.
68. Loke, Y.J. (2013) The peri/postnatal epigenetic twins study (PETS). *Twin Research and Human Genetics* 16(1):13-20.
69. Maher, B. (2008) Personal genomes: The case of the missing heritability. *Nature* 456(7218):18-21.
70. Malabou, C. (2008) *What Should We Do With Our Brain?* New York: Fordham University Press.
71. Mameli, M. (2005) The inheritance of features. *Philosophy of Biology* 20(2-3):365-99.
72. Martin, B. (2008) The globalisation of scientific controversy. *Globalization*, 7 (1), online, <http://www.uow.edu.au/~bmartin/pubs/08globalization.html>, accessed 1 November 2013.
73. Martin, P., Brown, N. and Kraft, A. (2008) From bedside to bench? Communities of promise, translational research and the making of blood stem cells. *Science as Culture* 17(1):29-41.
74. Martin, B. and Richards, E. (1995) Scientific knowledge, controversy and public decision making. In: S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen and T. Pinch (eds.) *Handbook of Science and Technology Studies*. Newbury Park, CA: Sage, pp. 506–26.
75. Martens, J.H., Stunnenberg, H.G. and Logie, C. (2011) The decade of the epigenomes? *Genes Cancer* 2(6):680-87.
76. McGowan, P. et al (2009) Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. *Nature Neuroscience* 12(3):342-8.
77. McGowan, P.O. and Szyf, M. (2010) The epigenetics of social adversity in early life: Implications for mental health outcomes. *Neurobiology of Disease* 39(1):66-72.
78. McGuinness, D. et al (2012) Socio-economic status is associated with epigenetic differences in the pSoBid cohort. *International Journal of Epidemiology* 41(1):151-60.
79. McLaughlin, M. (2012) Babies born into poverty are damaged forever before birth. *The Scotsman* 24 January.
80. Meaney, M.J. (2001a) Nature, nurture, and the disunity of knowledge. *Annals of the New York Academy of Sciences* 935(1):50-61.
81. Meaney, M. (2001b) Maternal care, gene expression, and the transmission of individual differences in stress reactivity across generations. *Annual Review of Neuroscience* 24(1):1161-92.
82. Meaney, M. (2010) Epigenetics and the biological definition of gene X environment interactions. *Child Development* 81(1):41-79.
83. Meloni, M. (2013) Biology Without Biologism: Social Theory in a Postgenomic Age. *Sociology*, online first 31 October; doi: 10.1177/0038038513501944.
84. Meloni, M. (2014) How Biology Became Social and What It Means for Social Theory, *The Sociological Review*, online first 26 March, doi: 10.1111/1467-954X.12151.
85. Mill, J. and Heijmans, B.T. (2013) From promises to practical strategies in epigenetic epidemiology. *Nature Reviews Genetics* 14(8): 585-94.
86. Miller, G. (2010) The seductive allure of behavioral epigenetics. *Science* 329(5987):24-7.
87. Morange, M. (1997) The transformation of molecular biology on contact with higher organisms, 1960–1980: From a molecular description to a molecular explanation. *History and Philosophy of the Life Sciences* 19(3):369-93.
88. Morange, M. (2002) The relations between genetics and epigenetics. *Annals of the New York Academy of Sciences* 981(1):50-60.
89. Morange, M. (2006) Post-genomics, between reduction and emergence. *Synthese* 151(3):355-60.
90. Moss, L. (2003) *What Genes Can't Do*. Cambridge MA: MIT Press.
91. Nanney, D. (1958) Epigenetic control systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 44(7):712-17.
92. Nature Editorial (2012) Life stresses. *Nature* 490:143.
93. Nelkin, D. (1979) *Controversy: Politics of Technical Decisions*. Newbury Park, CA: Sage.
94. Nelkin, D. (ed.) (1992) *Controversy: Politics of Technical Decisions*. 3rd edn. Newbury Park, CA: Sage.
95. Nerlich, B. and Stelmach, A. (2013) Epigenetics: Metaphors beyond genetics? Paper presented at Conference on 'Science and Metaphor' at the University of Flensburg, Germany, 18 October.
96. Nestler, E. (2013) Epigenetic inheritance: Fact or fiction? Report on Progress, The Dana Foundation April, http://www.dana.org/news/features/detail_rop.aspx?id=42636, accessed November 2013.
97. Niewöhner, J. (2011) Epigenetics: Embedded bodies and the molecularisation of biography and milieu. *BioSocieties* 6(3):279-98.
98. Noble, D. (2006) *The Music of Life: Biology beyond the Genome*. Oxford: Oxford University Press.
99. Nowotny, H. and Testa, G. (2011) *Naked Genes, Reinventing the Human in the Molecular Age*. Cambridge, MA: MIT Press.

100. Oyama, S., Griffiths, P.E. and Gray, R.D. (2001) *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press.
101. Paul, A.M. (2010) *Origins: How the Nine Months before Birth Shape the Rest of Our Lives*. New York: Free Press, p. 201.
102. Pembrey, M. (2002) Time to take epigenetic inheritance seriously. *European Journal of Human Genetics* 10(11):669-70.
103. Pembrey, M.E. et al (2005) Sex-specific, male-line transgenerational responses in humans. *European Journal of Human Genetics* 14(2):159-66.
104. Petronis, A. (2010) Epigenetics as a unifying principle in the aetiology of complex traits and diseases. *Nature* 465(7299):721-27.
105. Pickersgill, M., Niewöhner, J., Müller, R., Martin, P. and Cunningham-Burley, S. (2013) Mapping the new molecular landscape: Social dimensions of epigenetics. *New Genetics and Society* 32(4):429-47.
106. Pigliucci, M. and Muller, G.B. (2010) *Evolution: The Extended Synthesis*. Cambridge, MA: MIT Press.
107. Poduri, A., Evrony, G., Cai, X. and Walsh, C. (2013) Somatic Mutation, genomic variation, and neurological disease. *Science* 341(6141):1237758.
108. Pray, L. (2004) Epigenetics: Genome, meet your environment. *The Scientist* 18(13):14.
109. Ptashne, M. (2007) On the use of the word epigenetics. *Current Biology* 17(7):R233-36.
110. Qiu, J. (2006) Unfinished symphony. *Nature* 441(7090):143-45.
111. Relton, C. and Davey Smith, G. (2012) Is epidemiology ready for epigenetics? *International Journal of Epidemiology* 41(1):5-9.
112. Rheinberger, H.J. (2003) Gene Concepts. Fragments from the perspective of molecular biology. In: P. Beurton, R. Falk and H.J. Rheinberger (eds.) *The Concept of the Gene in Development and Evolution. Historical and Epistemological Perspectives*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 219-39.
113. Richardson, S. (forthcoming) Maternal bodies in the postgenomic order: Gender and the explanatory landscape of epigenetics. In: S. Richardson and H. Stevens (eds.) *Postgenomics*. Durham, NC: Duke University Press.
114. Robert, J.S. (2004) *Embriology, Epigenesis and Evolution: Taking Development Seriously*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
115. Ronan, J., Wu, W. and Crabtree, G. (2013) From neural development to cognition: Unexpected roles for chromatin. *Nature Reviews Genetics* 14(5):347-59.
116. Roosth, S. and Silbey, S. (2009) Science and technology studies: From controversies to posthumanist social theory. In: B.S. Turner (ed.) *The New Blackwell Companion to Social Theory*. Oxford: Wiley-Blackwell.
117. Rose, N. (2007) *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-first Century*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
118. Rothstein, M., Cai, Y. and Marchant, G. (2009) The ghost in our genes: Legal and ethical implications of epigenetics. *Health Matrix* 19(1):1-62.
119. Schlichting, C.D. and Pigliucci, M. (1998) *Phenotypic Evolution: A Reaction Norm Perspective*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
120. Shenk, D. (2010) *The Genius In All Of Us: The New Science Of Genes, Talent And Human Potential*. London: Icon.
121. Shostak, S. (2005) The emergence of toxicogenomics: A case study of molecularization. *Social Studies of Science* 35(3):367.
122. Shulevitz, J. (2012) Why fathers really matter. *The New York Times* 8 September.
123. Singh, I. (2012) Human development, nature and nurture: Working beyond the divide. *Bio-Societies* 7(3):308-21.
124. Spector, T. (2012) *Identically Different: Why You Can Change Your Genes*. London: Hachette.
125. Star, S. and Griesemer, J.R. (1989) Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology, 1907-39. *Social Studies of Science* 19(3):387-420.
126. Stocking, G. (1968) *Race, Culture and Evolution*. New York: Free Press.
127. Stotz, K. (2006) With genes like that, who needs an environment? Postgenomics' argument for the ontogeny of information. *Philosophy of Science* 73(5):905-17.
128. Stotz, K. (2008) The Ingredients for a postgenomic synthesis of nature and nurture. *Philosophical Psychology* 21(3):359-81.
129. Stotz, K., Bostanci, A. and Griffiths, P.E. (2006) Tracking the shift to 'post-genomics'. *Community Genetics* 9(3):190-96.
130. Sunder Rajan, K. (2006) *Biocapital: The Constitution of Post-Genomic Life*. Durham and London: Duke University Press.
131. Sweatt, J.D. (2013) The emerging field of neuroepigenetics. *Neuron* 80(3):624-32.
132. Sweatt, J.D., Meaney, M.J., Nestler, E.J. and Akbarian, S. (2013) *Epigenetic Regulation in the Nervous System*. New York: Elsevier.
133. Szyf, M. (2011) DNA methylation, the early-life social environment and behavioral disorders. *Journal of Neurodevelopmental Disorders* 3(3):238-49.
134. Takahashi, K. and Yamanaka, S. (2006) Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell* 126(4):663-76.
135. Tolwinski, K. (2013) A new genetics or an epiphenomenon? Variations in the discourse of epigenetics researchers. *New Genetics and Society* 32(4):366-84.
136. Tomasi di Lampedusa, G. ([1958] 1960) *The Leopard* (translated by A. Colquhoun) New York: Pantheon Books.
137. Toyokawa, S., Uddin, M., Koenen, K.C. and Galea, S. (2012) How does the social environment 'get into the mind'? Epigenetics at the intersection of social and psychiatric epidemiology. *Social Science & Medicine* 74(1):67-74.
138. Tsankova, N., Renthal, W., Kumar, A. and Nestler, E. (2007) Epigenetic regulation in psychiatric disorders. *Nature Reviews Neuroscience* 8(5):355-67.

139. Tutton, R. (2011) Promising pessimism: Reading the futures to be avoided in biotech. *Social Studies of Science* 41(3):411-29.
140. Urnov, F.D. and Wolffe, A.P. (2001) Above and within the genome: Epigenetics past and present. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 6(2):153-67.
141. Van Lente, H. (1993) *Promising Technologies*. Delft, the Netherlands: Eburon.
142. Van Lente, H. (2012) Navigating foresight in a sea of expectations: Lessons from the sociology of expectations. *Technology Analysis & Strategic Management* 24(8):769-82.
143. Van Lente, H., Spitters, C. and Peine, A. (2013) Comparing technological hype cycles: Towards a theory. *Technological Forecasting and Social Change* 80(8):1615-28.
144. Van Speybroeck, L. (2002) From epigenesis to epigenetics: The case of C. H. Waddington. *Annals of the New York Academy of Sciences* 981:61-81.
145. Waddington, C.H. (2012) The epigenotype. *International Journal of Epidemiology* 41(1):10-3.
146. Wastell, D. and White, S. (2012) Blinded by neuroscience: Social policy, the family and the infant brain. *Families, Relationships and Societies* 1(3):397-414.
147. Waterland, R.A. and Jirtle, R.L. (2003) Transposable elements: Targets for early nutritional effects on epigenetic gene regulation. *Molecular and Cellular Biology* 23(15):5293-300.
148. Waterland, R.A. and Jirtle, R.L. (2004) Early nutrition, epigenetic changes at transposons and imprinted genes, and enhanced susceptibility to adult chronic diseases. *Nutrition* 20(1):63-8.
149. Weaver, I. *et al* (2004) Epigenetic programming by maternal behavior. *Nature Neuroscience* 7(8):847-54.
150. Wells, J. (2010) Maternal capital and the metabolic ghetto: An evolutionary perspective on the transgenerational basis of health inequalities. *American Journal of Human Biology* 22(1):1-17.
151. West-Eberhard, M.J. (2003) *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
152. Wild, C. (2012) The exposome: From concept to utility. *International Journal of Epidemiology* 41(1):24-32.
153. Wintour, P. (2013) Genetics outweighs teaching, Gove adviser tells his boss. *The Guardian*. Friday, 11 October.

