

Комментарии к статье:

М. Мелони и Дж. Теста

# «SCRUTINIZING THE EPIGENETICS REVOLUTION»

опубликована в журнале *BioSocieties* (2014; 9:431-56)

и в переводе на русский в журнале «Биосфера» (текущий номер, с. 000)

Статья Маурицио Мелони и Джузеппе Теста «Scrutinizing the epigenetics revolution» представляет собой концептуальный, эпистемологический анализ новой парадигмы представлений о наследовании и развитии – эпигенетической, а также путей ее выхода в биомедицинские и социальные науки. Такое междисциплинарное рассмотрение этой проблемы крайне необходимо, поскольку в последние годы произошел резкий взлет числа публикаций, возникли новые эпигенетические журналы, институты и общественные организации. Широкий фронт исследований по эпигенетике требует теоретического и философского осмысления. Понятно, что с учетом огромного числа публикаций в мировой литературе сделать полноаспектный обзор исследований по данному направлению не представляется возможным. Авторы особо выделяют то обстоятельство, что, несмотря на быстрый рост исследований в области эпигенетики, четкого определения понятия «эпигенетика» и ее границ в литературе пока нет. Другими словами, эпигенетика развивается в условиях размытости своих границ, охватывая между тем все новые и новые сферы исследований, включая социальные и медицинские аспекты. В основе эпигенетической изменчивости организмов лежат взаимодействия клеток между собой и с условиями среды обитания организмов. «Эпигенетические исследования последних десятилетий показали, что ДНК-программы, передаваемые по наследству с помощью генов, вовсе не запечатлеваются “в камне” при рождении – они могут изменяться под влиянием внешних воздействий, таких как питание, эмоции и стрессы» [Липтон, 2011, с. 67].

В списке литературы 165 англоязычных источников, отражающих эпигенетические исследования на человеке и животных. Авторы не затрагивают во всех подробностях продолжительную историю формирования эпигенетической парадигмы наследственности на различных биологических объектах за последнее столетие. В частности, значительный объем эпигенетических исследований выполнен на растениях в СССР еще в довоенные годы. Материалы по эпигенетике растений в обзоре никак не представлены. Но это нельзя считать существенным недостатком, ибо невозможно в одной статье объять необъятное, каким стала эпигенетика.

Историю термина «эпигенетика» авторы связывают с понятием, введенным в начале 1940-х гг. Уоддингтоном, который определил эпигенетику как «комплекс процессов развития, соединяющий генотип с фенотипом». Между тем, реально исследования по эпигенетике развивались не только в рамках определения Уоддингтона, – они представлены различными аспектами проблемы наследственности, о чем пишут авторы статьи.

Например, то, что теперь относят к эпигенетической наследственности и изменчивости у животных,

Б.Л. Астауров (1927) обозначал термином «асимметричное проявление признака». В качестве модели нового феномена Б.Л. Астауров использовал мутацию *tetraptera* (четырёхкрылость) у *Drosophila melanogaster*. Сравнивая проявление признака на левой и правой сторонах тела мух, Б.Л. Астауров заключил, что асимметричное проявление четырёхкрылости не сводится ни к генетическим, ни к внешним воздействиям. Другими словами, на этой модели с полной ясностью удалось показать, что экспрессии некоторых признаков фенотипа не зависят ни от генотипа мух, ни от условий среды их обитания. Он пишет: «Геновариация *tetraptera* (*tr*) рецессивна. Присутствуя в гомозиготном состоянии, фактор вызывает весьма разнообразные изменения *галтеров*, а в некоторых случаях превращая их в настоящее крылышко. Вариационно-статистический анализ этого явления приводит к поразительному на первый взгляд выводу о независимой изменчивости признака на разных сторонах организма» [Астауров, 1974, с. 54]. «Обе половины мух развиваются в совершенно одинаковых внешних условиях, генотипические условия также вполне однородны, тем не менее, строение признака на разных сторонах может выразиться в двух крайних формах вариационного ряда и даже в альтернативной форме (наличие или полное отсутствие признака). Очевидно, не здесь надо искать причины изменчивости» [Астауров, 1974, с. 57]. Характеризуя наследование четырёхкрылости у мух, он продолжает: «Здесь мы воочию видим, как зыбки такие свойства живых существ, как наследственность, симметрия, точная регуляция онтогенетических процессов, свойства, которые мы нередко склонны воспринимать как неотъемлемые атрибуты органического мира» [Астауров, 1974, с. 103]. «Всякому процессу формообразования в организме свойственна некоторая доля самостоятельной, случайной изменчивости, несводимой ни к действию генотипических различий, ни к прямым воздействиям внешней среды» [там же, с. 103].

Ученик Б.Л. Астаурова академик В.А. Струнников назвал вариации галтеров у дрозофил третьим типом изменчивости [Струнников, 1989]. Детальное изложение результатов наблюдений Б.Л. Астаурова по экспрессии признака *tetraptera* и его современная интерпретация приведена в статье [Малецкий, Роик, Драгавцев, 2013].

Весьма убедительными были эпигенетические и селекционные исследования на растениях, проведенные в 1930-х гг. профессором Н.Н. Гришко. В учебном пособии «Курс генетики» (1938) для аграрных вузов Н.Н. Гришко и Л.Н. Делоне писали: «В буржуазной генетике проблема наследственности оказалась искусственно разбитой на проблему наследственной передачи и проблему наследственного осуществления, причем буржуазная генетика

занималась и занимается только решением проблемы передачи, тогда как проблему осуществления она передала науке, названной “механикой развития”. <...> Такое раздробление проблемы наследственности на две проблемы, теряющие между собой связь, несомненно, является глубоко неправильным. Генетика, решающая только проблему передачи, а не проблему осуществления, перестает видеть организм в его развитии – в его динамике, а берет его в статике. <...> В практике растениеводства и животноводства мы имеем конкретно дело не с наследственными основами, а с теми растительными и животными индивидами, которые осуществляются в данных конкретных условиях» [Гришко, Делоне, 1938, с. 3–4].

Этот теоретический подход к проблемам наследственности (развитие признака в онтогенезе) Н.Н. Гришко реализовал при исследовании пола цветков у конопли (*Cannabis sativa*,  $2n = 20$ ). Конопля посевная (сем. Cannabiaceae) – двудомное растение, у которого пол цветков детерминируется половыми хромосомами: XX – растения с пестичными цветками (*матерка*), XY – растения с тычиночными цветками (*посконь*). В норме у конопли реализуется только перекрестное оплодотворение, а семена воспроизводятся на растениях с женскими цветками. Однако, изменяя условия жизни растений и модифицируя цветки (*раневой стресс*), удается репродуцировать семена не только у женских, но и у мужских растений (Гришко, Делоне, 1938). Регуляция пола цветков в ходе развития растений обозначается как «*эпигамное определение пола цветков*»: «У конопли мы наблюдаем резкое и разнообразное изменение цветка под влиянием внешних условий. Под влиянием укороченного дня, при выращивании в теплице, а также при травматических повреждениях у конопли появляются интерсексуальные цветки и цветки противоположного пола как на мужских, так и на женских растениях. Мужские и женские растения могут производить цветки противоположного пола и обоеполые. Это говорит о том, что при селекционной работе травматические повреждения и фотопериоды могут быть использованы в качестве провокационного метода для выявления степени однодомности» [Гришко, 1935, с. 8]. Эти исследования Н.Н. Гришко привели к революционным изменениям в селекции этой культуры: были получены однодомные формы конопли, у которых изменена система воспроизводства семян, такие растения можно подвергать самоопылению [Малецкий, 2008]. Это перестройка системы воспроизводства семян у растений конопли привела впоследствии к созданию сортов конопли без каннабиоидов, чего сделать у двудомной конопли было практически невозможно [Вировец и соавт., 2006].

Замечательные свидетельства эпигенетического наследования количественных признаков у растений продемонстрировал в 1950-е гг. английский био-

лог А. Даррэнт на чистой линии льна [Durrant, 1962]. Изучая реакцию растений на сочетание доз азотных удобрений и температуры, он обнаружил морфологические изменения у более чем 80% растений в варианте опыта, причем эти изменения передавались при семенном пересеве уже в нормальных условиях следующим поколениям растений (генотрофы льна). Эксперименты длились более 10 лет, начиная с 1953 г. У некоторых линий льна в зависимости от вариантов сочетания температуры и удобрений некоторые генотрофы давали крупные формы, некоторые – мелкие. Обе формы (крупная и мелкая) в условиях эксперимента в течение нескольких поколений сохраняли свой фенотипический статус, независимо от того, какие удобрения использовались под эти формы впоследствии. Использование генотрофов малого и большого размеров в реципрокных прививках или в реципрокных скрещиваниях показало, что они ведут себя (наследуются) как два различных генотипа, вероятно, потому, что в ядрах клеток этих растений произошли, как пишет Даррэнт, генотрофные изменения.

В 1984 г. группой исследователей был обнаружен новый эпигенетический феномен в развитии количественных признаков растений [Драгавцев и соавт., 1984] – смена спектров продуктов генов «под признаком» при смене лимитирующего фактора внешней среды. Механизм этой смены спектра генов при смене лим-фактора среды был сначала установлен для признака «интенсивность транспирации» (ИТ). Были сформированы две группы сортов пшеницы: одна – с крупными, часто расположенными устьицами на листьях и с толстой плотной кутикулой, другая – с мелкими, редко расположенными устьицами и тонкой рыхлой кутикулой. Утренняя ИТ (устьичная) была интенсивней у первой группы сортов, дневная (кутикулярная) – у второй группы. Утром генетическая изменчивость ИТ детерминируется генами размеров и частоты размещения устьиц на листе, в полдень – генами синтеза восков (толщиной и плотностью кутикулы). При этом происходит смена рангов групп сортов по ИТ, то есть возникает эффект «взаимодействие генотип-среда», механизм которого в данном случае очевиден – это смена спектров генов «под признаком» ИТ. Подчеркнем, что спектры генов меняются в течение одного дня. Другие примеры смены спектров генов под количественными признаками описаны в статье [Драгавцев, 2012].

Список публикаций по эпигенетическому наследованию у растений можно продолжать. Очевидно, что на наших глазах происходит рождение новой ветви биологических исследований – эпигенетики, которая имеет колоссальные перспективы не только в естественных, но и в гуманитарных науках, как это прекрасно демонстрируют авторы рассмотренного обзора.

## Литература

1. Астауров БЛ. Исследование наследственно-го изменения галтеров у *Drosophila melanogaster*. Журн экспер биол. 1927;3(1-2):1-61; (3-4):199-201.
2. Астауров БЛ. Исследование наследственных нарушений билатеральной симметрии в связи с изменчивостью одинаковых структур

в пределах организма. В кн.: Астауров БЛ. Наследственность и развитие. Избранные труды. М.: Наука; 1974. с. 54-109.

3. Вировиц ВГ, Лайко ИМ, Ситник ВП и др. Однодомні посівні коноплі (*Canabis sativa* L.) як приклад реверсної еволюції організмів. В

кн.: Факторы экспериментальной эволюции организмов. Т. 3. Киев: Логос; 2006. с. 18-22.

4. Гришко НН. Новое в селекции конопли. Доклады ВАСХНИЛ Сер 3. 1935;(1):5-14.

5. Гришко НН, Делоне ЛН. Курс генетики. М.: Сельхозгиз; 1938.

6. Драгавцев ВА. Уроки эволюции генетики растений. Биосфера. 2012;4:251-62.

7. Драгавцев ВА, Литун ПП, Шкель НМ, Нечипоренко НН. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений. ДАН СССР. 1984;274:720-3.

8. Драгавцев ВА, Малецкий СИ. Эволюция парадигм наследования и развития и их ведущая роль в создании инновационных селекционных технологий. Биосфера. 2015;7:155-68.

9. Липтон Б. Умные клетки: биология убеждений. Как мышление влияет на гены, клетки и ДНК. М.: София; 2011.

10. Малецкий СИ. Эпигенетическая изменчивость пола цветков и создание на ее основе однодомных форм конопли (*Cannabis sativa* L.). Исследование Н.Н. Гришко в 1930-х гг. Интродукция растений. 2008;(1):100-13.

11. Малецкий СИ, Роик НВ, Драгавцев ВА. Третья изменчивость, типы наследственности и воспроизводства семян у растений. Сельскохозяйственная биология. 2013;(5):3-29.

12. Струнников ВА. Третья изменчивость. Природа. 1989;(2):17-27.

13. Durrant A. The environmental induction of heritable changes in *Linum*. Heredity. 1962;47:27-61.

Проф. **С.И. Малецкий**,  
Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск; эл. почта: stas@bionet.nsc.ru

Акад. **В.А. Драгавцев**,  
Агрофизический институт, Санкт-Петербург; эл. почта: dravial@mail.ru

