

Ю. Я. КЕРКИС

**О СУЩНОСТИ ТАК НАЗЫВАЕМЫХ ИНЕРТНЫХ РАЙОНОВ
ХРОМОСОМ***(Представлено академиком Н. И. Вавиловым 9 II 1939)*

Открытие Меллером и Пайнтером в 1932 г. (14) существования в проксимальной части половой хромосомы дрозофилы так называемого генетически инертного района явилось началом ряда исследований, посвященных изучению как цитологической структуры этого района, так и выяснению его значения в явлениях наследственности. Вслед за появлением исследования Меллера и Пайнтера появились работы, доказывающие, что «инертные» районы составляют значительную часть Y-хромосомы дрозофилы, что они имеются в аутосомах дрозофилы вблизи точки прикрепления нити веретена и в хромосомах некоторых растений (13); наконец тщательные исследования Прокофьевой-Бельговской (6, 7, 8, 9), обнаружили существование таких районов не только в частях хромосом, прилегающих к месту прикрепления нити веретена, но и вкрапленными в нескольких местах в середине длины хромосом, между ее «активными» частями. Из литературы, посвященной «инертным» районам, с очевидностью следует, что этот термин неверен по существу. «Инертные» районы оказались имеющими очень большое значение для ряда явлений наследственности, и в настоящее время вообще вряд ли представляется возможным противопоставлять их в этом отношении активным районам. При ближайшем знакомстве с относящимися сюда фактами становится ясным, что вопрос об «инертных районах» не является вопросом терминологии и что своевременно критически пересмотреть взгляды на сущность «инертных» районов, в зависимости от чего будут находиться дальнейшие подходы к их изучению.

В результате обсуждения проблем, связанных с «инертными» районами хромосом, цитологическая структура которых успешно разрабатывается в Институте генетики Академии Наук А. А. Прокофьевой-Бельговской, я пришел к выводу о необходимости толковать эти «районы» иначе, чем это делает Прокофьева (6, 7, 8, 9).

Как указывал еще Бальбиани (1881 г.), впервые описавший специфические ядерные структуры в слюнных железах двукрылых, хромосомы этих ядер состоят из чередующихся участков хроматинового и нехроматинового вещества, названного Бальбиани промежуточным веществом. Впоследствии Хейтц предложил называть вещество хроматиновых дисков эухроматином, а «промежуточное» вещество—гетерохроматином.

Нам представляется, что «инертных» районов хромосом как специфических участков хромомемы с хромосомами, в том смысле, как их описывает Прокофьева, не существует, так как никакой принципиальной разницы в строении «активных» и «инертных» районов нет. Участки, описываемые как «инертные», соответствуют тем участкам, в которых хромосома лежит относительно редко друг от друга или в которых они настолько мелки, что эти участки кажутся не содержащими четких дисков. Вещество

«инертных» районов по видимому тождественно промежуточному веществу Бальбиани или гетерохроматину Хейтца. Это вещество по всем данным неодинаково в различных частях хромосомы и может иногда составлять значительную часть общей длины хромосомы; в нем в линейном порядке располагаются хромиды. Так как хромосома в слюнных железах представляет собой пучок параллельно конъюгирующих хромидов, то представляется возможным, что промежуточное или гетерохроматическое вещество идентично участкам хромидов между линейно расположенными на ней хромидолями.

Нуждин в результате проведенных им обширных экспериментов пришел к выводу (⁴, ⁵), что вещество, условно называемое нами промежуточным, не является простым скелетом (матриксом), в котором или на котором лежат функционально независимые от него хромиды (гены?), а что, наоборот, связь (взаимодействие) промежуточного вещества и вещества хромидов по видимому настолько интимна, что вряд ли правильны попытки идентифицировать гены только с каким-либо одним из этих двух веществ. Мысль эта, развиваемая Нуждиным на основании его данных, вытекает также из взглядов Гольдшмидта (²) и других авторов на хромосому как огромную белковую молекулу, и из описанных в литературе (¹⁰, ¹⁵) фактов дифференциального влияния промежуточного вещества на свойства связанных с ним генов*.

Все описанные до настоящего времени свойства «инертных» районов находят свое объяснение в развитой нами выше точке зрения. Одним из таких специфических свойств «инертных» районов является согласно Прокофьевой-Бельговской (⁶, ⁸, ⁹) их свойства конъюгировать между собой и с районами, расположенными вблизи точек прикрепления нитей веретена. Так как при этом происходит конъюгация хромидов, то явление это следовательно ничем не отличается от обычной конъюгации любого «активного» участка с другим гомологичным ему. Никем не доказано, что все описанные Прокофьевой-Бельговской и другими исследователями «инертные» участки на концах и в середине хромосом всегда конъюгируют друг с другом. Поэтому это явление может с успехом быть объяснено так же, как и конъюгация двух активных участков в одной и той же хромосоме, т. е. наличием дупликаций (³, ¹¹). Можно было бы говорить о специфическом сродстве различных «инертных» участков, если было бы показано, что конъюгируют не хромиды этих участков, ничем не отличающиеся по утверждению самой Прокофьевой-Бельговской от хромидов «активных» районов, а само «инертное вещество», из которого эти участки состоят. Однако это никем пока еще не сделано. Согласно наблюдениям Прокофьевой-Бельговской участки хромосом, описываемые ею как «инертные», являются своего рода «слабыми местами», так как по этим местам хромосома чаще всего рвется или изгибается. Это явление вполне объяснимо (что и допускается Прокофьевой-Бельговской) механическими свойствами промежуточного вещества, которое даже при визуальном исследовании под микроскопом значительно менее плотно, чем вещество хромидов.

Согласуется с нашей гипотезой также и заключение Бельговского (¹), изучавшего свойства генов, лежащих в «инертных» районах или в непосредственном соседстве с ними, и пришедшего к выводу, что гены «активных» районов принципиально ничем не отличаются от генов «инертных» районов хромосом.

* После того, как настоящая статья уже была сдана в печать, появилось сообщение (Carn. Inst. Yearbook, № 37, 304—309 (1938)) о результатах очень обстоятельных исследований Шульца и Касперсона (J. Schultz a. T. Caspersen), доказывающих влияние промежуточного (гетерохроматинового) вещества на свойства расположенных вблизи него генов.

Если верна разработанная в разное время Кольцовым, Гольдшмидтом и Ринч^(2, 12, 16) точка зрения на хромосому, как на гигантскую белковую цепную молекулу, осевой стержень которой (генонема) состоит из повторяющихся по длине цепи полипептидных звеньев, к которым в разных местах прикрепляются боковые цепи (гены), являющиеся сложными белковыми частицами, то развиваемая нами точка зрения на строение хромосом из хромидального вещества и из промежуточного, называвшегося до сих пор «инертным», может найти себе обоснование в описанной выше химической модели хромосомы. Для этого надо лишь предположить, что расстояния между боковыми цепями, которые химически наиболее активны и соответствуют согласно предположению Кольцова, Ринч и Гольдшмидта генам, различны по всей длине цепи и образуют те промежутки между хромидолями, которые мы условно называем промежуточным веществом. Длина и качественные особенности этих промежуточных звеньев определяют ряд свойств прикрепленных на их концах белковых радикалов. В такой цепной молекуле активности боковых цепей и промежуточных связей специфичны, так что и в этом отношении химическая модель хромосомы соответствует высказанной нами выше гипотезе. Получается следовательно продольная дифференцировка цепной молекулы на качественно различные участки разной длины. Если вдоль такого осевого стержня некоторые боковые цепи оказываются настолько сходными, что обладают специфической способностью притягиваться, то вся цепь соответствующим образом изгибается, и сходные радикалы приходят в соприкосновение—происходит конъюгация гомологичных участков. Таким образом соответствие развиваемой нами точки зрения на сущность так называемых инертных районов представлению о хромосоме, как огромной цепной белковой молекуле, оказывается достаточно большим, чтобы решиться сделать приведенное выше сопоставление. Однако, если дальнейшее развитие науки покажет, что приведенная выше химическая модель хромосомы не соответствует действительности, то это ни в коей мере не будет служить опровержением нашего взгляда на «инертные» районы хромосом, так как он развит совершенно независимо от этой модели*.

Если же правильность этой модели и приведенных выше сопоставлений подтвердится, то ряд явлений поведения хромосом (как то: перекрест хромосом, образование различных хромосомных перестроек и конфигураций), механизм которых еще не вполне выяснен, получит сравнительно простое объяснение, исходя из физико-химических свойств цепных молекул.

Институт генетики.
Академия Наук СССР.

Поступило
10 II 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Л. Бельговский, Изв. Акад. Наук СССР, сер. биол., № 5—6 (1938).
² Н. К. Кольцов, Биол. журн., VII, № 1 (1938). ³ К. В. Росиков, ДАН, III (XII), № 6 (1936). ⁴ Н. И. Нурдин, Зоол. журн., XIV, № 2 (1935).
⁵ Н. И. Нурдин, Бюл. эксп. биол. и мед., V, № 5—6 (1938). ⁶ А. А. Прокофьева-Бельговская, Изв. Акад. Наук СССР, сер. биол., № 3 (1937).
⁷ А. А. Прокофьева-Бельговская, Изв. Акад. Наук СССР, сер. биол., 393 (1937). ⁸ А. А. Прокофьева-Бельговская, Изв. Акад. Наук СССР, сер. биол., № 1 (1938). ⁹ А. А. Прокофьева-Бельговская, Журн. эксп. биол., № 1 (1939). ¹⁰ В. В. Хвостова, Биол. журн., V, № 5 (1936).
¹¹ C. V. Bridges, Journ. Hered., 26, 60 (1935). ¹² R. Goldschmidt, Physiological Genetics (1938). ¹³ D. Kostoff, La Cellule, 47, fasc. 2 (1938). ¹⁴ H. J. Muller a. T. S. Painter, ZS. ind. Abst. u. Vererbungsl., 62, № 3 (1932). ¹⁵ J. Schultz, Proc. Nat. Acad. Sci., 22, № 1 (1936). ¹⁶ D. M. Wrinch, Protoplasma, 25, № 4 (1936).

* После того, как настоящая работа была уже написана, А. А. Шмук ознакомил меня с рукописью своей статьи, в которой он поддерживает и развивает идею о хромосоме, как цепной молекуле, и конкретизирует в химических терминах высказанный мною взгляд на сущность «инертных» районов.