



КЭТРИН ПЕЙДЖ ХАРДЕН

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАГАДКИ

Как человечество
выигрывает
от разницы
наших
ДНК

Перевод
Василия
Горохова

МИО

МИФ. Научно-популярные книги

КЭТРИН ПЕЙДЖ ХАРДЕН

Генетические загадки

КАК ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ВЫИГРЫВАЕТ
ОТ РАЗНИЦЫ НАШИХ ДНК

Перевод с английского Василия Горохова

Москва
МИФ
2026

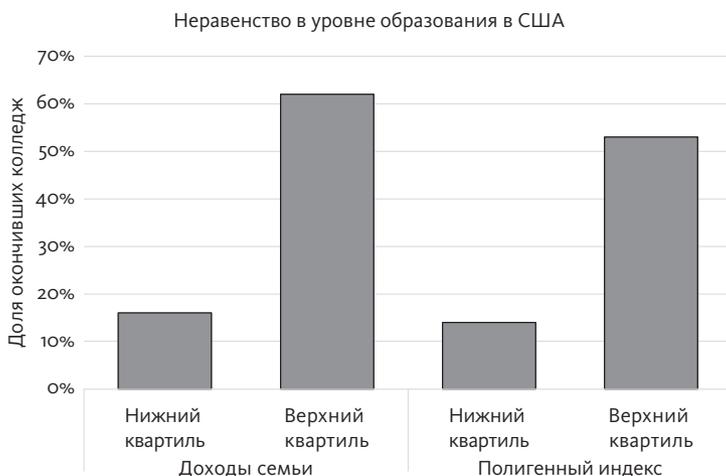


Рис. 1.1. Неравенство в получении высшего образования в США в зависимости от семейного дохода и генетических особенностей. Данные об окончании колледжа — Margaret W. Cahalan et al., Indicators of Higher Education Equity in the United States: 2020 Historical Trend Report (Вашингтон, The Pell Institute for the Study of Opportunity in Higher Education, Council for Opportunity in Education (COE), and Alliance for Higher Education and Democracy of the University of Pennsylvania (PennAHEAD), 2020), <https://eric.ed.gov/?id=ED606010>. Данные о зависимости окончания колледжа от полигенного индекса — James J. Lee et al., Gene Discovery and Polygenic Prediction from a Genome-Wide Association Study of Educational Attainment in 1.1 Million Individuals, *Nature Genetics* 50, no. 8 (август 2018 года): 1112–1121, <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0147-3>. Дополнительные анализы любезно предоставлены Робби Уидоу. Анализ полигенного индекса включал только лиц, недавние генетические предки которых жили в Европе. В США это чаще всего означает белое расовое самоопределение. Различие между расой и генетическим происхождением я разберу в главе 4

Ключевые слова, характеризующие шесть крупнейших групп читателей в Twitter



Рис. 1.2. Шесть крупнейших групп читателей статьи о связи генетики и некогнитивных навыков. Методы анализа аудитории социальных сетей описаны в Jediah Carlson and Kelley Harris, Quantifying and Contextualizing the Impact of bioRxiv Preprints through Automated Social Media Audience Segmentation, FLOS Biology 18, no. 9 (22 сентября 2020 года): e3000860, <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000860>. Представлена аудитория препринта статьи Perline Demange et al., Investigating the Genetic Architecture of Noncognitive Skills Using GWAS-by-Subtraction, Nature Genetics 53, no. 1 (январь 2021 года): 35–44, <https://doi.org/10.1038/S41588-020-00754-2>

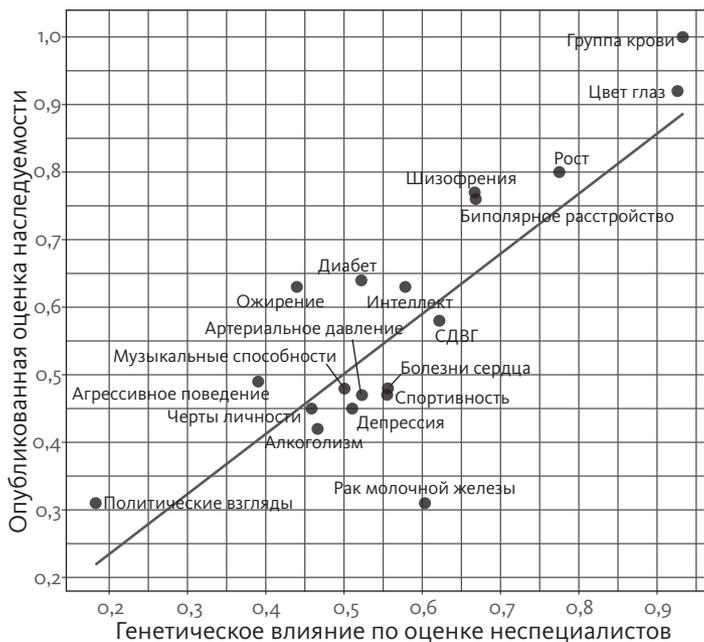


Рис. 2.1. Оценка влияния генетических факторов на различия между людьми (горизонтальная ось) и научная оценка наследуемости по данным близнецовых исследований (вертикальная ось). Данные взяты из двух исследований с общей выборкой $N = 2\,320$. Соответствие между бытовыми оценками и научными оценками составляет $r = 0,76$. Рисунок предоставлен Эмили А. Уиллоуби на основе данных из работ: Emily A. Willoughby et al., "Free Will, Determinism, and Intuitive Judgments About the Heritability of Behavior," *Behavior Genetics* 49, no. 2 (March 2019): 136–53, <https://doi.org/10.1007/s10519-018-9931-1>; Emily A. Willoughby et al., «The Freedom to Believe in Free Will: Evidence from an Adoption Study against the First Law of Behavioral Genetics,» *PsyArXiv* (October 2024): 1-20, <https://doi.org/10.31234/osf.io/2zvqx>.



Рис. 2.2. Доска Гальтона показывает возникновение нормального распределения в результате накопления множества случайных событий.
Фотография Марка Хебнера

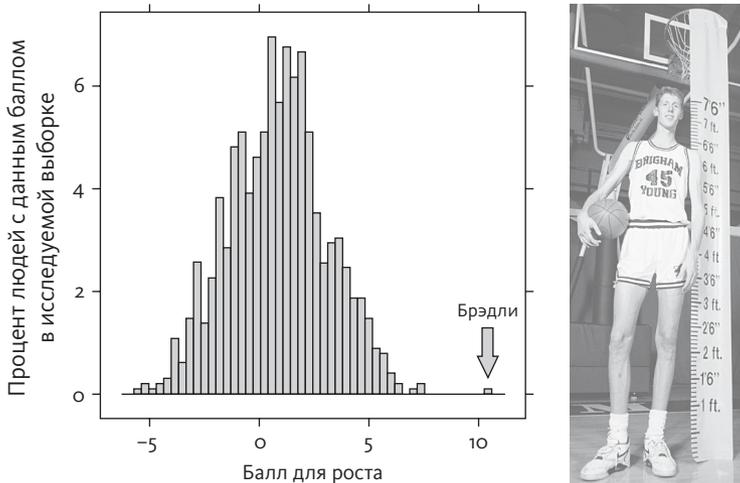


Рис. 2.3. Повышающие рост генетические варианты у очень высокого человека.

Справа — фотография Шона Брэдли (рост 2,29 метра) рядом с линейкой.

Слева — распределение «генетических баллов» (то есть полигенных индексов) для 2910 генетических вариантов, ассоциированных с ростом у человека. Среднее значение в данной выборке — 0,98 при стандартном отклонении 2,22.

Брэдли набрал 10,32 балла (на 4,2 стандартного отклонения выше среднего).

На основе Corinne E. Sexton et al., Common DNA Variants Accurately Rank an Individual of Extreme Height, International Journal of Genomics 2018 (4 сентября 2018 г.): 5121540, <https://doi.org/10.1155/2018/5121540>

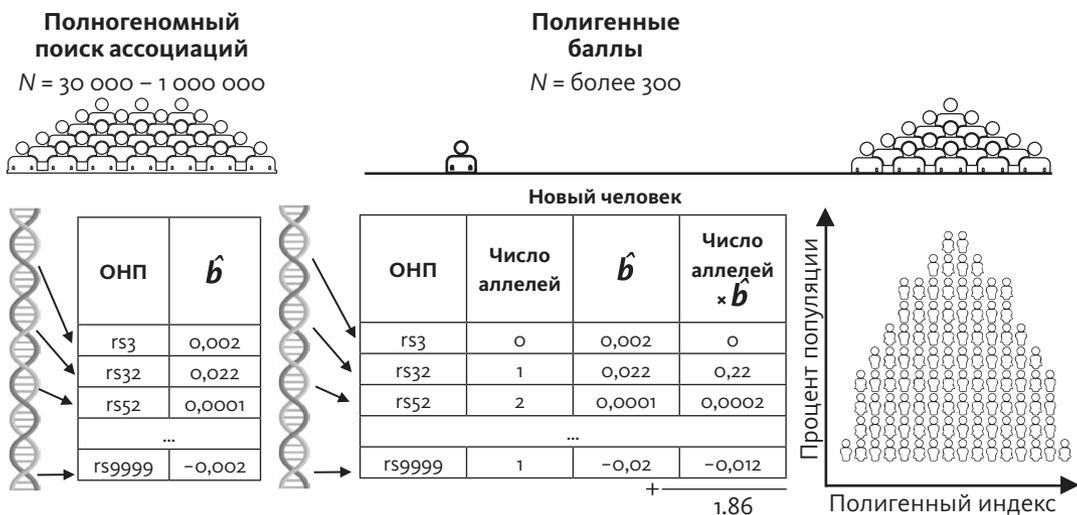


Рис. 3.1. Вычисление полигенного индекса. Иллюстрация взята из статьи Daniel W. Belsky and K. Paige Harden, Phenotypic Annotation: Using Polygenic Scores to Translate Discoveries from Genome-Wide Association Studies from the Top Down, Current Directions in Psychological Science 28, no. 1 (февраль 2019 года): 82–90, <https://doi.org/10.1177/0963721418807729>. Корреляции между отдельными ОНП и фенотипом оценивают с помощью полногеномного поиска ассоциаций в большой выборке (во многих случаях свыше миллиона участников). Затем измеряют ДНК нового человека. В его геноме подсчитывают число минорных аллелей каждого ОНП (0, 1 или 2), взвешивают это число по оценке корреляции между данным ОНП и фенотипом, полученной в ходе полногеномного исследования, и получают полигенный индекс. Значения полигенных индексов следуют нормальному распределению: у большинства людей они средние, но иногда бывают очень низкими или очень высокими.

С разрешения SAGE Publications, Inc.

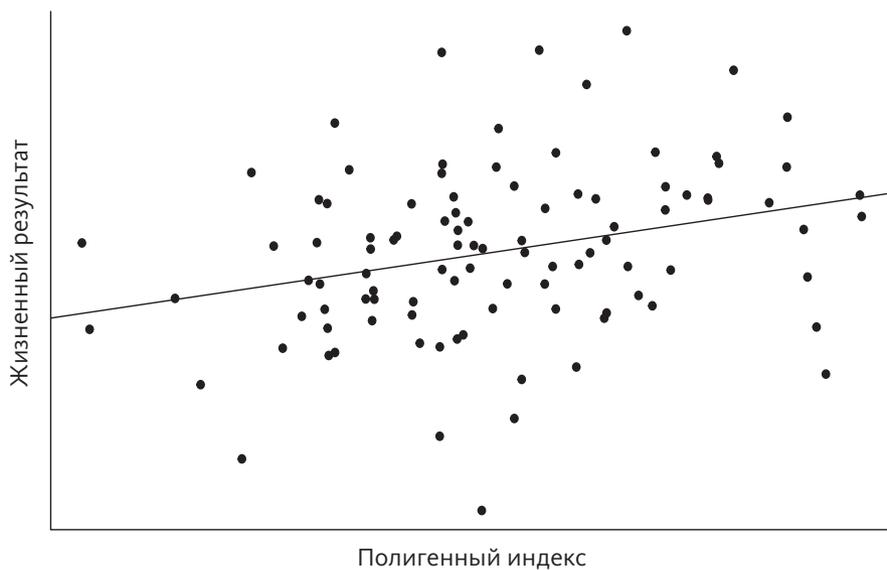


Рис. 3.2. Гипотетический полигенный индекс (на горизонтальной оси), который объясняет 10% дисперсии некоего жизненного результата (на вертикальной оси), например уровня образования. Каждая точка — отдельный человек. Для каждого значения полигенного индекса результаты могут быть самые разные

Общая ДНК
44,6%
3321 сМ

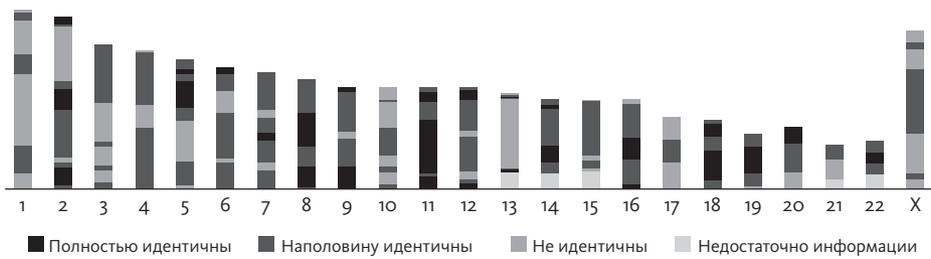


Рис. 6.1. Идентичность по происхождению для сегментов 23 хромосом у пары сиблингов с общими родителями. Изображение взято с профиля автора на сайте 23andMe: у нее с братом 3321 сантиморган (сМ) общей ДНК, что составляет 44,6% ее генома

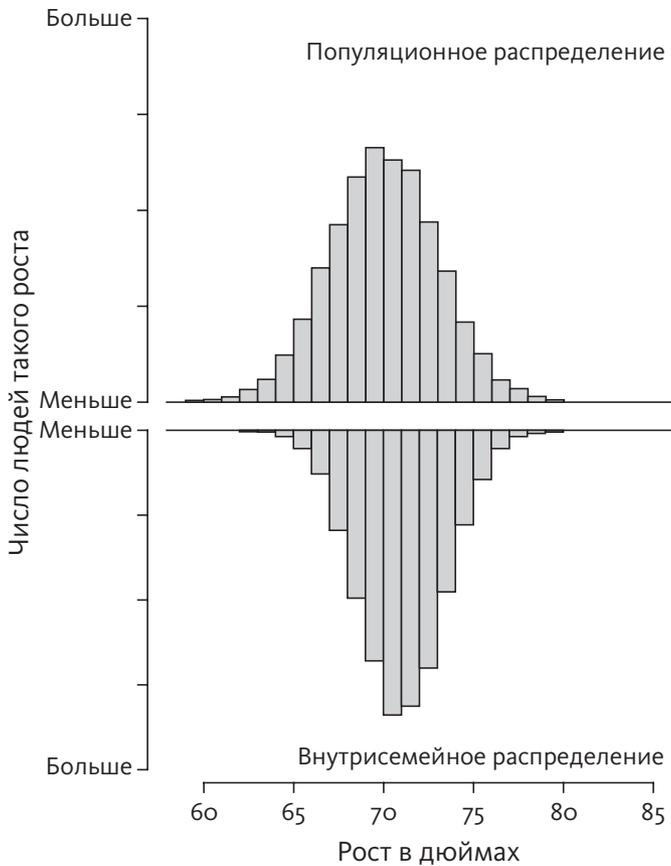


Рис. 6.2. Ожидаемое распределение роста в общей популяции (сверху) и среди возможных потомков одних родителей (снизу). Первое основано на среднем росте 177,8 см со стандартным отклонением в 7,6 см, второе — на наследуемости 0,8. Пример и вычисления взяты из статьи Peter M. Visscher, William G. Hill, and Naomi R. Wray, “Heritability in the Genomics Era — Concepts and Misconceptions”, *Nature Reviews Genetics* 9, no. 4 (апрель 2008 г.): 255–266, <https://doi.org/10.1038/nrg2322>

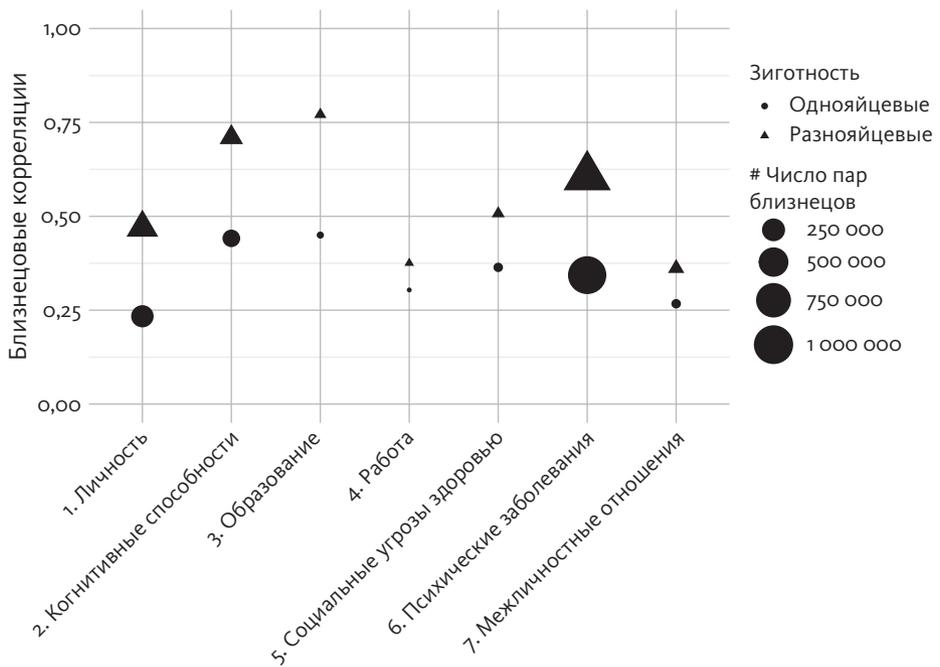


Рис. 6.3. Корреляции между парами однояйцевых и разнояйцевых близнецов по семи областям неравенства. Авторский анализ данных, приведенных в статье Tinea J. C. Polderman et al., "Meta-Analysis of the Heritability of Human Traits Based on Fifty Years of Twin Studies", Nature Genetics 47, no. 7 (июль 2015): 702–709, <https://doi.org/10.1038/ng.3285>

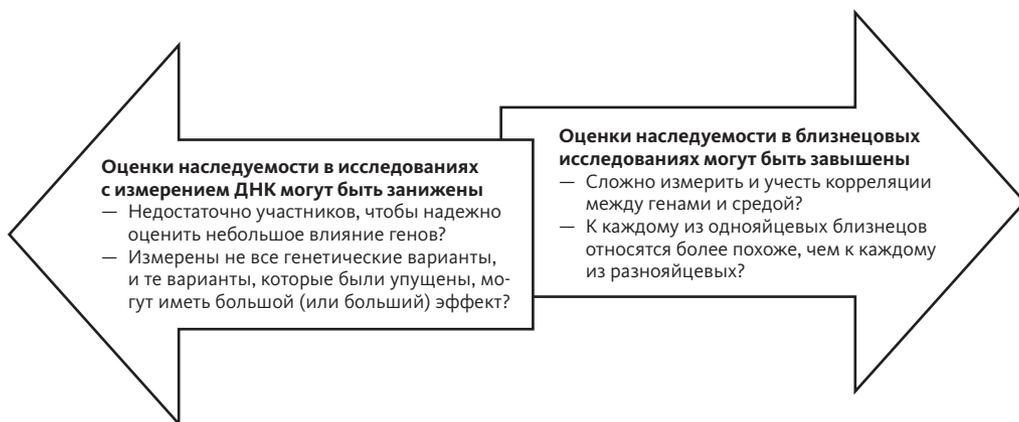


Рис. 6.4. Дело о пропавшей наследуемости. Изображения взяты с разрешения Springer Nature из статьи Brendan Maher, Personal Genomes: The Case of the Missing Heritability, Nature 456, no. 7218 (1 ноября 2008 г.): 18–21, <https://doi.org/10.1038/456018a>

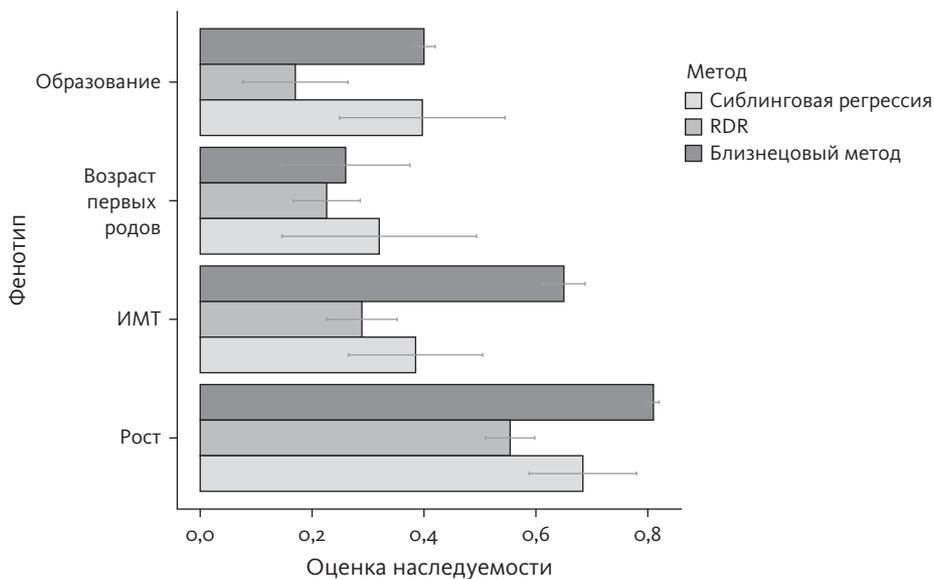


Рис. 6.5. Оценка наследуемости четырех фенотипов разными методами. Образование — достигнутый уровень образования (годы официального обучения). Возраст первых родов — возраст женщины на момент рождения первого ребенка. ИМТ — индекс массы тела. Рост — рост во взрослом возрасте. Близнецовый метод измеряет наследуемость путем сравнения сходства между воспитанными вместе монозиготными близнецами и между воспитанными вместе дизиготными близнецами. Сиблинговая регрессия измеряет наследуемость на основе случайной дисперсии общей идентичности по происхождению в парах сиблингов. Регрессия неравновесности родства (RDR) — расширение сиблинговой регрессии на пары участников, родственные благодаря родству родителей. На графике показано стандартное отклонение.

Большинство оценок наследуемости взяты из статьи Alexander I. Young et al., Relatedness Disequilibrium Regression Estimates Heritability without Environmental Bias, *Nature Genetics* 50, no. 9 (сентябрь 2018 г.): 1304–1310, <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0178-9>. Близнецовые оценки наследуемости уровня образования взяты из статьи Amelia R. Branigan, Kenneth J. McCallum, and Jeremy Freese, Variation in the Heritability of Educational Attainment: An International Meta-Analysis, *Social Forces* 92, no. 1 (2013): 109–140. Близнецовые оценки наследуемости возраста первых родов взяты из статьи Felix C. Tropf et al., Genetic Influence on Age at First Birth of Female Twins Born in the UK, 1919–1968, *Population Studies* 69, no. 2 (4 мая 2015 г.): 129–145, <https://doi.org/10.1080/00324728.2015.1056823>

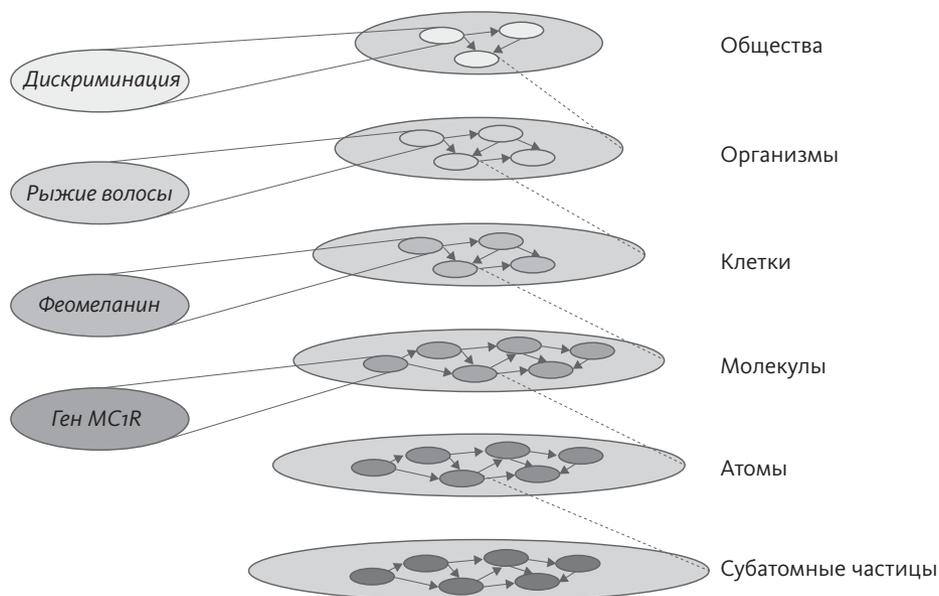


Рис. 7.1. Уровни научного анализа. Использованы идеи из книги Carl F. Craver, *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience* (Oxford: Oxford University Press, 2007); Paul Oppenheim and Hilary Putnam, "Unity of Science as a Working Hypothesis", 1958, <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/184622>; Christopher Jencks et al., *Inequality: A Reassessment of the Effect of Family and Schooling in America* (New York: Basic Books, 1972)

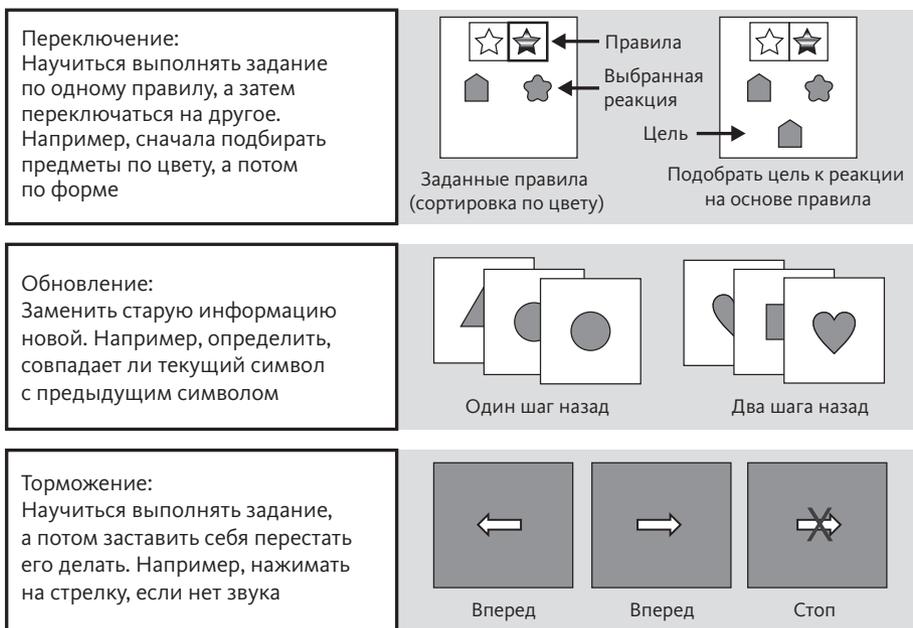


Рис. 7.2. Примеры тестирования исполнительных функций у детей. Описано в статье Laura E. Engelhardt et al., "Genes Unite Executive Functions in Childhood", Psychological Science 26, no. 8 (1 августа 2015 г.): 1151–1163, <https://doi.org/10.1177/0956797615577209>



Рис. 7.3. Виды некогнитивных способностей согласно статье Elliot M. Tucker-Drob et al., Genetically Mediated Associations between Measures of Childhood Character and Academic Achievement? *Journal of Personality and Social Psychology* 111, no. 5 (2016): 790–815, <https://doi.org/10.1037/pspp0000098>

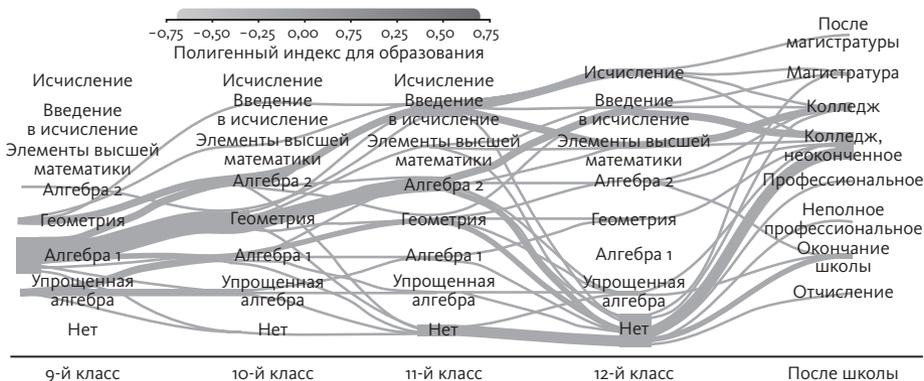


Рис. 7.4. Движение старшеклассников по программе обучения математике в зависимости от полигенного индекса для уровня образования. Толщина линии соответствует числу учащихся, принятых на данный предмет в каждом из старших классов. Насыщенность цвета отражает средний полигенный индекс для образования у учеников, выбравших этот предмет. Полигенный индекс выражен в единицах стандартного отклонения. Данные касаются учеников европейского происхождения и взяты из Национального долгосрочного исследования здоровья подростков, поступивших в старшие классы в США в середине 1990-х годов.

Воспроизведено по статье K. Paige Harden et al., "Genetic Associations with Mathematics Tracking and Persistence in Secondary School", *Npj Science of Learning* 5 (5 февраля 2020 г.): 1–8, <https://doi.org/10.1038/s41539-020-0060-2>



Рис. 8.1. Равенство и справедливость.
Изображение Interaction Institute for Social Change, автор Angus Maguire



Рис. 8.2. Распределение образовательных результатов у людей с разными генотипами в зависимости от среды. Круг и треугольник — это два человека с разными генотипами. Среда, которая поощряет справедливость (альтернатива 1), улучшает образование человека, отмеченного кругом, но мало что дает человеку, отмеченному треугольником. Неравенство по отношению к текущему положению сокращается. Среда, которая максимизирует эффективность (альтернатива 2), улучшает образование человека, отмеченного треугольником, но не человека, отмеченного кругом, тем самым повышая неравенство результатов и обеспечивая наивысший индивидуальный результат по сравнению с другими альтернативами

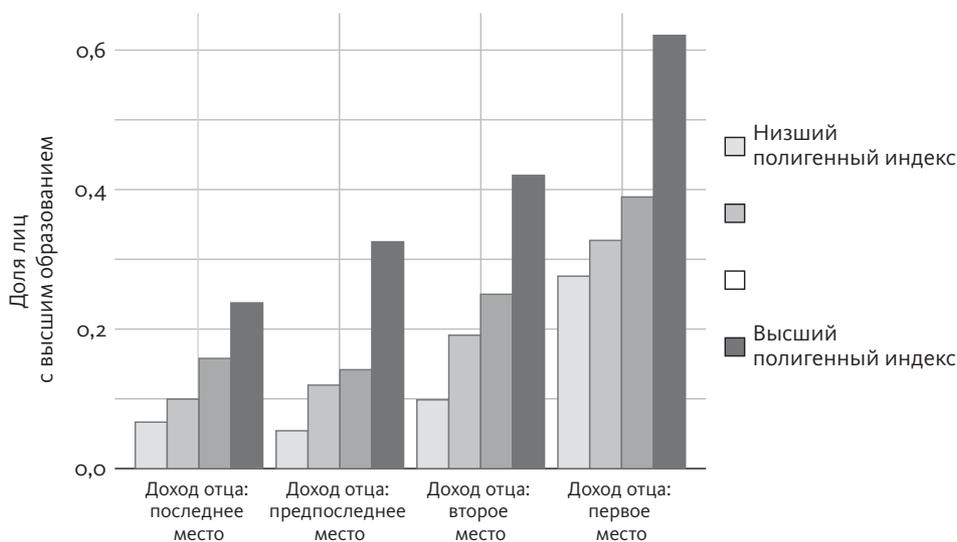


Рис. 9.1. Доля окончивших колледж белых американцев, родившихся с 1905 по 1964 год, в зависимости от отцовского дохода и полигенного индекса, вычисленного на основе полногеномного исследования уровня образования. Данные любезно предоставлены Николасом Папагеорге и Кевином Томом. Результаты описаны в Nicholas W. Papageorge and Kevin Thom, Genes, Education, and Labor Market Outcomes: Evidence from the Health and Retirement Study, NBER Working Paper 25114 (Национальное бюро экономических исследований, сентябрь 2018 г.), <https://doi.org/10.3386/w25114>

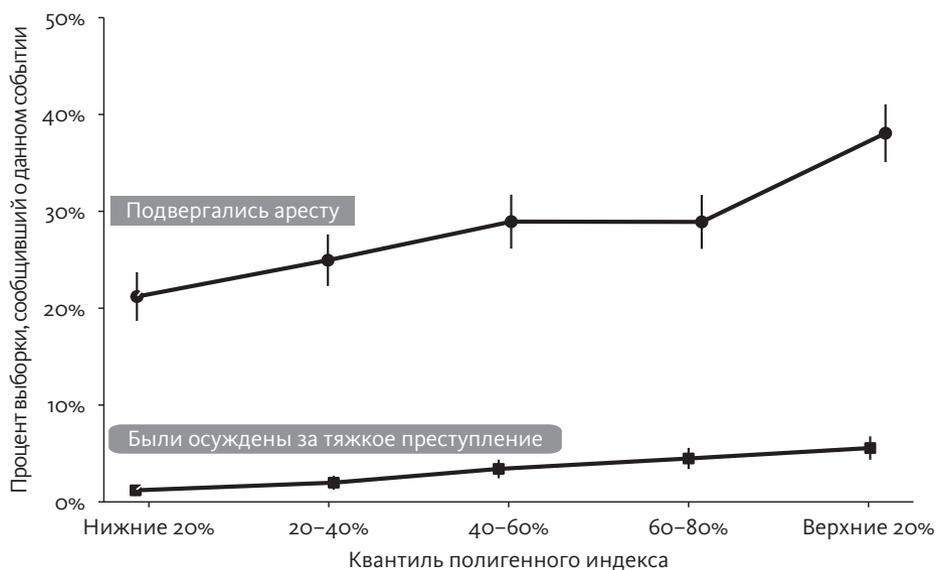


Рис. 10.1. Зависимость числа уголовных преступлений и случаев антисоциального поведения от полигенного индекса, созданного на основе полногеномного исследования экстернализации у полутора миллионов человек. На основе Richard Karlsson Linnér et al., Multivariate Genomic Analysis of 1.5 Million People Identifies Genes Related to Addiction, Antisocial Behavior, and Health, bioRxiv, 16 октября 2020 г., <https://doi.org/10.1101/2020.10.16.342501>