

Наибольшая частота распределилась следующим образом: для студентов распределились у кодов цвета 2, 5, 10, а для отцов соответственно 3 и 10, что графически видно на рисунке 8. Максимальное же значение частоты встречаемости в выборке у студентов составило для кода цвета глаз 2 (0,207) и у отцов – 10 (0,171). Достаточно часто (частота встречаемости около 0,16-0,17) отмечены коды цветов глаз 3 (светло-карий) у отцов и 10 (серо-голубой) у студентов.

Коэффициент сопряженности для цвета глаз студентов и их отцов составил  $K = 0,35773$ , который рассчитан достоверно, так как расчетное значение критерия хи-квадрат значительно превышает табличное при низком уровне значимости (0,01). Следовательно, можно утверждать о достоверной взаимосвязи между цветом глаз студентов и их отцов.

Наиболее встречаемый цвет глаз среди студентов является карий и с незначительно меньшей частотой встречается серо-голубой цвет глаз. При этом карий цвет в большей степени сопряжен с цветом глаз матери, а серо-голубой с цветом глаз отцов.

Таким образом, по частоте встречаемости пигментации кожи преобладающими оказались светлые тона в интервале от 10–12. В отношении оттенков волос частота встречаемости наибольшая у коричневых оттенков волос. А среди пигментации радужки глаз наибольшая частота встречаемости характерна для карих, светло-карих, буро-желто-зеленых и серо-голубых глаз. А также по частоте встречаемости кодов цвета трех показателей пигментируемой ткани студентов наблюдается сопряжение признака в большей степени с материнским. Расчетным путем было доказано, что взаимосвязь пигментации различных тканей действительно существует между детьми и их родителями.

#### Литература

- 1 Бунак, В. В. Антропометрия / В. В. Бунак. – М., 1941. – 264 с.
- 2 Елисеева, И. И. Общая теория статистики : учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев ; под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 386 с.

УДК 574.2

*С. С. Старосотников*

#### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ**

*Статья посвящена определению показателей флуктуирующей асимметрии растительных организмов на примере березы повислой (*Betula pendula*). Оценка флуктуирующей асимметрии билатеральных организмов хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия. Биоиндикационные показатели отражают реакцию организма на все многообразие действующих на него факторов, имея при этом биологический смысл.*

Флуктуирующая асимметрия крайне широко распространенное явление. Им охвачены практически все билатеральные структуры у самых разных живых существ. Понятно, что невозможно подвергнуть анализу известные признаки всех билатерально-симметричных структур, но у исследованных флуктуирующая асимметрия регистрировалась. Более того, это явление имеет место даже при иных типах асимметрии, в этом случае она представляет собой отклонения не от строгой симметрии, а от определенной средней симметрии.

Флуктуирующая асимметрия – тип асимметрии, являющийся следствием несовершенства онтогенетических процессов. Это незначительные, ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии. Соответственно, эти незначительные отклонения не несут функциональной значимости, и находятся в пределах определенного люфта, допускаемого естественным отбором. Флуктуирующая асимметрия есть проявление внутрииндивидуальной изменчивости, т. е. характеризует различия между гомологичными структурами внутри одного индивида. Подобный тип изменчивости широко распространен у растений, где в пределах одного индивида, можно провести разносторонний анализ метамерных структур, например листьев (они наиболее часто используются для этих целей). Но важно отметить, что если уровень флуктуирующей асимметрии является характеристикой индивидуума, а значит, можно оценивать различие разных групп особей по среднему уровню различий между сторонами, то данное явление (флуктуирующая асимметрия) может рассматриваться и с позиции надывидеальной (популяционной) изменчивости. Рассматривая основные черты флуктуирующей асимметрии, можно выделить три основные особенности (по различиям между двумя сторонами тела):

а) незначительность – определяется природой этого явления (случайная изменчивость развития), а значит, если эти различия случайны, то они должны быть незначительны. Возникающие существенные различия между сторонами, обычно элиминируются отбором. Если этого не происходит, а появление этих различий постоянно, то можно говорить об их адаптивном характере и они не могут быть случайны;

б) ненаправленность – также следствие причин, описанных в предыдущем абзаце. Эта черта свидетельствует о взаимогашении случайных разнонаправленных различий между сторонами у отдельных особей;

в) независимость проявления – исходя из случайности нарушений развития признака, зависимость в появлении различий слева или справа должна отсутствовать. Это неизменно имеет место, если все фенотипическое разнообразие в рассматриваемой группе особей является следствием случайных нарушений развития, в достаточно однородных, с точки зрения генотипа и среды, условиях.

Важной характеристикой данного метода, подчеркивающей его универсальность, является возможность его использования в отношении представителей разных групп живых существ. Особенно подкупает простота методики замеров и расчётов флуктуирующей асимметрии. Среди всех биоиндикаторов растения наиболее удобны, т. к. они – основные продуценты, находятся на границе двух сред – почвы и воздуха, ведут прикрепленный образ жизни, доступны и удобны в сборе материала. Для биоиндикационной характеристики больших территорий лучше использовать древесные растения, так как травянистые растения в большей степени отражают микробиотопические условия [1].

Зависимость рассматриваемого показателя от средовых воздействий, говорит о том, что забуференность развития действительно лишь в определенном диапазоне условий и оказывается менее действенной в необычных условиях среды. В серии работ, выполненных на растениях, было показано, что если общая стабильность развития контролируется генотипом, то сами по себе различия между левой и правой половинами листа ненаправлены и независимы, и их нельзя свести ни к генотипическим, ни к средовым различиям.

Влияние половых различий на уровень флуктуирующей асимметрии не выявлено, даже на фоне существенных половых различий по анализируемым признакам.

Анализ медленно и быстрорастущих группировок особей в популяциях выявил существенное различие между ними по уровню флуктуирующей асимметрии. Более высокий уровень асимметрии у медленно растущих индивидуумов, можно рассматривать как следствие пониженной стабильности развития по сравнению с быстро растущими.

К настоящему моменту накоплено много данных, убедительно доказывающих чувствительность уровня флуктуирующей асимметрии к различным по происхождению антропогенным воздействиям.

Нарушение стабильности развития имеет место при ухудшении состояния организма в силу различных причин, но не является причиной его гибели. Однако вероятно успех планируемого исследования может зависеть от вида-биоиндикатора, адекватно отражающего индицируемый вид воздействия.

Наши исследования по уровню экологического неблагополучия районов с использованием расчетов и измерений флуктуирующей асимметрии города проводились на двух пробных площадках Гомеля:

- в парковой зоне Центрального района;
- район ОАО «Гомельский химический завод».

Парковая зона Центрального района является культурной зоной и зоной отдыха, где загрязнение воздуха минимально. Район химического завода является промышленной зоной, с повышенным содержанием загрязняющих веществ в воздухе, что отрицательно сказывается на состоянии лиственного покрова окружающих территорию предприятия деревьев. Происходит загрязнение диоксидом серы, аммиаком, фтористым водородом, серной кислотой, хлоридом калия, твёрдыми частицами.

Флуктуирующая асимметрия рассчитывалась на удобном биоиндикаторе – береза повислая (*Betula pendula*). В качестве биоиндикатора данный вид используется для определения техногенных воздействий, так как имеет массовое распространение, обладает четкими и удобно учитываемыми признаками [2, 3].

Асимметричность листа в качестве неспецифического показателя отклонения от нормы развития растения связано с влиянием различных стрессовых факторов, в том числе загрязнения окружающей среды. Степень несимметричности листа выражена в виде коэффициента флуктуирующей асимметрии. Высокий показатель асимметрии указывает на неблагоприятные условия произрастания тест-объекта, а низкий – указывает, что условия среды близки к нормальным.

Значение коэффициента флуктуирующей асимметрии получены для листьев берез произрастающих в районе ОАО «Гомельский химический завод» равно 0,072661 (5 балл), что говорит о чрезвычайной антропогенной нагрузке для растений в данном районе; значение показателя флуктуирующей асимметрии в парковой зоне г. Гомеля – 0,046726 (1 балл) – антропогенная нагрузка минимальна.

Использование методов биоиндикации позволяет более оперативно и достоверно выявить загрязнитель по комплексу морфологических, биохимических параметров наблюдаемых у древесных растений и в сочетании с другими инструментальными методами являются неотъемлемым звеном в системе экологического мониторинга.

## Литература

1 Егорова, Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды : учебное пособие / Е. И. Егорова. – Обнинск: ИАТЭ, 2000. – 80 с.

2 Балукова, А. Г. Определение уровня экологического неблагополучия районов города Гомеля с использованием *Betula pendula* в качестве биоиндикатора / А. Г. Балукова, Г. Л. Осипенко // Природно-экологические риски и социально-экономические угрозы: материалы III Междунар. науч.-пр. конф. – Брянск, 24–26 октября 2013 г. – Брянск: БГУ имени И. Г. Петровского, 2013. – С. 171–172.

3 Балукова, А. Г. Экологический мониторинг районов города Гомеля с использованием биоиндикационных свойств *Betula pendula* / А. Г. Балукова // Молодая наука – 2014: мат. регион. науч.-пр. конф. студ. и асп. вузов Могилевской области: материалы конференции, Могилев, 22 апреля 2014 г. – Могилев: МГУ им. А. А. Кулешева, – 2014. – С. 52.