

## **ПРОФИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕАГИРОВАНИЯ КАК МЕРА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЭКОЗАВИСИМОСТИ ЧЕЛОВЕКА.**

*Алтайский государственный университет*

### **Введение**

Изучение влияния окружающей среды на человеческий организм в процессе различных видов деятельности – одна из актуальных задач современной экологии. В процессе эволюционного развития и приспособления организма к окружающей среде у животных и человека выработался ряд защитно-приспособительных механизмов, направленных на выживание в постоянно меняющихся внешних условиях. Влиянию метеогеофизических параметров среды на состояние человеческого организма посвящена обширная литература. Однако анализ этой литературы обнаруживает ряд проблем.

Во-первых, исследования в этой области охватывают людей с нарушениями нормальной физиологии жизнедеятельности и проводятся в условиях медицинских стационаров либо выполняются в неблагоприятной или экстремальной экологической обстановке, требующей от здоровых людей напряжения компенсаторных сил организма. Исследования практически здоровых лиц, проведенных в обычной, повседневной обстановке встречается крайне редко.

Во-вторых, изучаются либо небольшие выборки испытуемых, либо достаточно объемные, но обследованные однократно, двукратно и через длительные промежутки времени. Проводится сопоставление со среднемесячными и даже среднегодовыми показателями метеогеофизических параметров. В то время как ориентация на однократно выполненный анализ, проведенный не на основе посуточного сопоставления данных в течение продолжительного периода, не позволяет делать объективные выводы о состоянии организма.

В-третьих, исследования выполняются, как правило, с целью выявить реакции среднегрупповых психологических и физиологических показателей на возможные влияния среды. Однако реакции отдельных членов популяции на одни и те же факторы носят разнонаправленный и плоховоспроизводимый характер, что маскирует искомые реакции и делает невозможным сделать статистически обоснованные выводы. Необходимо изучения влияния факторов среды на индивидуальное психоэмоциональное и физиологическое состояние человека.

В-четвертых, обработка первичных данных не всегда проводится адекватными методами статистического анализа, без учета возможности криволинейной зависимости показателей состояния организма от экологических факторов.

И, наконец, не решена проблема представления результатов в удобной для восприятия и анализа форме.

Все вышесказанное подтверждает необходимость изучения влияния экологических факторов на индивидуальное психоэмоциональное и физиологическое состояние практически здоровых лиц.

Для адекватной оценки эколого-физиологических взаимосвязей необходимо применять мониторинг испытуемых в течение продолжительного времени и статистические методы обработки результатов, позволяющие количественно оценивать зависимости нелинейного характера как доминирующие в физиологических и экологических явлениях.

Результаты должны быть представлены в форме наиболее выгодно отображающей индивидуальную реакцию на воздействие факторов среды, что достигается построением профилей экозависимости или профилей экологического реагирования. Эти профили отражают меру индивидуальной зависимости состояния человека от факторов внешней среды.

### **Материалы и методы исследования**

Исследование проводилось на базе краевого государственного образовательного учреждения начального профессионального образования

«Профессиональный лицей № 19» г. Барнаула и кафедры физиологии человека и животных ГОУ ВПО Алтайский государственный университет.

Было обследовано 165 девушек в возрасте от 17 до 21 года.

Мониторинг психофизиологического состояния проводился в течение разных периодов:

✓ 72 человека - однократно, в случайные дни, на протяжении суток шесть раз. Три раза во время производственной практики в первую смену в 8.15, 11.00 и в 14.00 и три раза во вторую смену в 14.00, 17.00 и в 20.00. Первая и вторая смена обследовалась в разные дни.

✓ 84 человека - еженедельно в дни производственной практики на протяжении 26 недель.

✓ 84 человека (те же) - ежедневно (исключая субботы и воскресенья) с 15 по 27 июня 2005 года (летний период), с 12 по 29 сентября 2005 года (осенний период), с 1 по 9 февраля 2006 года (зимний период).

✓ 9 человек - непрерывно ежедневно с 8.11.2005 по 30.12.2005

В качестве исследуемых параметров были выбраны следующие. Психоэмоциональное состояние: самочувствие (С), активность (А), настроение (Н); зрительно-моторные процессы: скорость окулomotorной реакции (СОМР), скорость темпа движений кистью (СДК); показатели кровообращения: динамика систолического (СД) и диастолического (ДД) кровяного давления, а также частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Выбор именно этих параметров психофизиологического состояния не случаен. Исследование проводилось в начальном профессиональном образовании, где для освоения ряда профессий значимы скорость и точность психомоторных процессов (в особенности зрительно-моторных) и работоспособность ограниченной группы мелких мышц кисти. Количественно характеризовать эти параметры можно с помощью измерения скорости окулomotorной реакции и максимального темпа (скорости) движений кистью. Несомненный интерес представляет вопрос о том, зависят ли СОМР и СДК от

различных сочетаний экологических факторов и каков характер этой зависимости.

Влиянию экологических параметров среды на состояние сердечно-сосудистой системы посвящена обширная литература. Однако исследования в этой области охватывают, в основном, либо людей с нарушениями сердечно-сосудистой системы [1, 8], либо выполнены в условиях в той или иной степени экстремальных для человеческого организма: север [3, 5, 14], высокогорье [12] и т. д. Целью же нашего исследования было выяснить влияют ли экологические факторы на уровень артериального давления и частоту сердечных сокращений у практически здоровых учащихся, находящихся в процессе производственного обучения.

Наконец, при оценке подверженности состояния организма человека действию экофакторов, приоритет отдается, главным образом, исследованию физиологических функций и биохимических показателей [2, 5, 6]. В то время как зависимости психологического состояния от метеогеофизических параметров уделяется меньше внимания и мы не могли обойти вниманием вопрос влияния на эти показатели экологических факторов.

Для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы в связи с метеорологическими воздействиями рассчитывался вегетативный индекс Керде (ВИК)

Отслеживалась динамика следующих климатических факторов: температуры воздуха, атмосферных явлений (осадков), облачности, направления и скорости ветра, атмосферного давления (p). Параметры регистрировались в день обследования по данным [www.gismeteo.ru/sunarc](http://www.gismeteo.ru/sunarc). Учитывался день недели, время суток проведения замера, дата в пересчёте на день лунного календаря (ДЛК), длина светового дня. Количество групп солнечных пятен (КГСП), выраженное в числах Вольфа на день обследования взято на сайте [www.izmiran.rssi.ru/space/solar//forecast](http://www.izmiran.rssi.ru/space/solar//forecast).

Принимая во внимание то, что влияние метеорологических факторов осуществляется не только обособленно, но и совокупно, осуществлялся расчет

коэффициента жесткости погоды, включающего три компонента: температуру воздуха, относительную влажность воздуха и скорость движения воздуха.

Качество освоения профессиональных навыков исследовалось на основе оценки, выставяемой мастером производственного обучения по пятибалльной системе в конце каждого урока.

Все полученные показатели заносились в специально созданные банки психофизиологических и метеогеофизических данных.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel в среде Windows, специализированных математических пакетов STATISTICA v. 6.0 и SPSS v.13.0.

Ежедневные психоэмоциональные и физиологические показатели обследованных, а также показатели учебной успеваемости в сочетании с ежедневными значениями экологических факторов подвергались корреляционному анализу. Для выявления и измерения зависимостей линейного характера рассчитывался коэффициент корреляции  $r$ . Для измерения нелинейных зависимостей рассчитывались коэффициенты корреляционного отношения  $h_{xy}$  и  $h_{yx}$ , позволяющие оценить связь между признаками двухсторонне. Для истолкования значений, принимаемых показателями тесноты корреляционной связи, использовался коэффициент детерминации КД, который показывает какая доля вариации одного признака зависит от варьирования другого. Значения коэффициентов корреляции, корреляционного отношения и детерминации расценивались как мера индивидуальной и групповой экозависимости изучаемого показателя от факторов внешней среды. Достоверность оценивалась по критерию Фишера, статистически значимыми принимались значения на уровне значимости  $p \leq 0,05$  [2, 7, 10], оценка линейности связи – по критерию Блекмена [7].

Для выявления достоверных различий между средними показателями применяли t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Для оценки сходства между теоретически вычисленными и полученными на практике вариационными рядами использовали критерий соответствия  $\chi^2$ .

Дальнейший анализ включал в себя построение точечных графиков зависимости исследуемых показателей психологического и физиологического состояния от экологических параметров с последующим наложением линий тренда и интерпретацию характера полученной зависимости; построение гистограмм значений коэффициентов детерминации, и рассмотрение их как индивидуальных профилей экологической зависимости испытуемых [11]; кластеризацию полученных данных методом иерархического кластерного анализа [9].

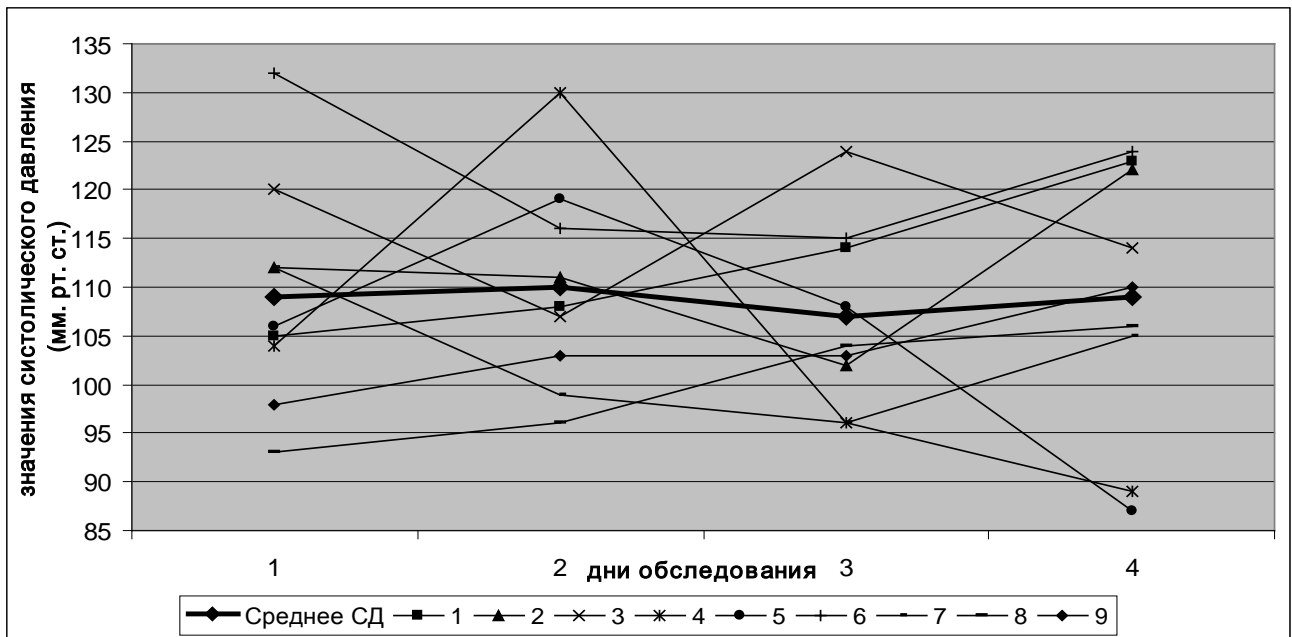
### **Индивидуальный характер экокочувствительности человека и профили экологического реагирования (экозависимости)**

В результате проведенных нами исследований было установлено, что адаптивные биоритмы, солнечная активность и погодные факторы среды оказывают влияние на среднегрупповые значения показателей скорости зрительно-моторных реакций, скорости движений кистью, показателей кровообращения и психоэмоционального состояния учащихся профессионального лица. Об этом свидетельствуют полученные значения коэффициентов корреляции и корреляционного отношения, удовлетворяющие уровням значимости  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ .

Однако анализ среднегрупповых значений в ряде случаев не выявил зависимости психофизиологических факторов от условий окружающей среды на принятом уровне значимости. Значит ли это, что таких зависимостей вообще нет? Известно, что средние значения показателей, как и их динамика, дают только общую картину [4, 11]. В то же время, индивидуальные значения значительно отличаются от средних и широко варьируют.

Вышесказанное хорошо иллюстрируют следующие примеры. На рис. 1 представлены кривые средней по группе и индивидуальных динамик показателя систолическое давление за 4 дня обследования. Жирной линией обозначена динамика средней величины систолического давления за первые 4

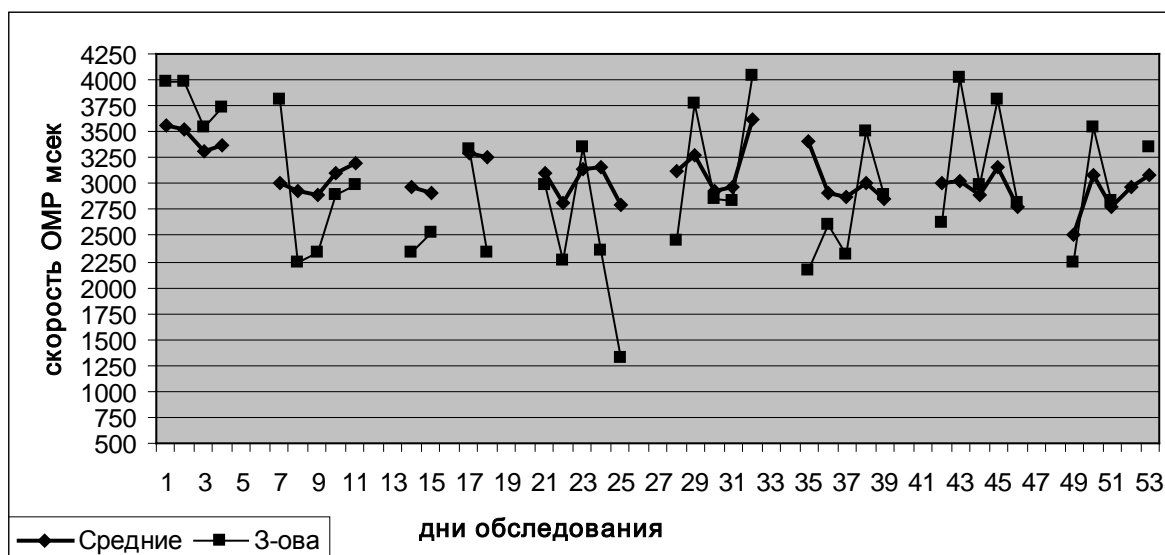
дня обследования. Видно, что оно практически не менялось (107 – 110 мм. рт. ст.; размах вариации – 3 мм. рт. ст.).



**Рис. 1 Совмещенные графики среднего и индивидуальных значений систолического давления у 9 испытуемых за первые четыре дня обследования**

Тонкими линиями обозначены индивидуальные изменения давления за тот же период у 9 испытуемых (непрерывный мониторинг с 8.11.2005 по 30.12.2005 ежедневно исключая субботы и воскресенья). Видны значительные изменения в диапазоне 89 – 132 мм. рт. ст.; размах вариации 43 мм. рт. ст. При этом ни одна из индивидуальных кривых не соответствует средней для группы.

На основании полученных нами данных для каждой испытуемой были построены графики динамики психологических и физиологических показателей за весь период обследования. При сравнении их с графиком среднегрупповой динамики оказалось, что размах индивидуальных вариаций значительно превышает средний (см. рис.2).



**Рис. 2. Совмещенные графики динамики скорости ОМР средних значений и испытуемой 3-овой за весь период обследования**

Значения психологических и физиологических показателей отдельных испытуемых, также как и средние, подвергались корреляционному анализу и, в ряде случаев индивидуальный анализ выявил значимые корреляции, тогда как анализ средних корреляций не обнаружил. Например, для средних значений по выборке (9 обследуемых, непрерывный мониторинг с 8.11.2005 по 30.12.2005 ежедневно исключая субботы и воскресенья) показателей систолического давления не выявлено зависимости от дня лунного календаря и атмосферного давления ( $p > 0,05$ ). Однако анализ индивидуальных значений выявил нелинейные корреляционные взаимосвязи с лунным днем у 30% обследованных. ( $h=0,55-0,69$ ;  $p \leq 0,05$ ), с атмосферным давлением – у 20% ( $h=0,54-0,55$ ;  $p \leq 0,05$ ). Анализ индивидуальных данных выборки из 84 обследуемых (период обследования с 8.11.2005 по 24.05.2006, еженедельные замеры во время производственного обучения) позволил также выявить у определенного процента учащихся нелинейную зависимость СОМР от солнечной активности (16 %), лунных ритмов (9 %), температуры воздуха (14 %), направления ветра (14 %) и длины светового дня (21 %), не обнаруживаемые при изучении средних значений.

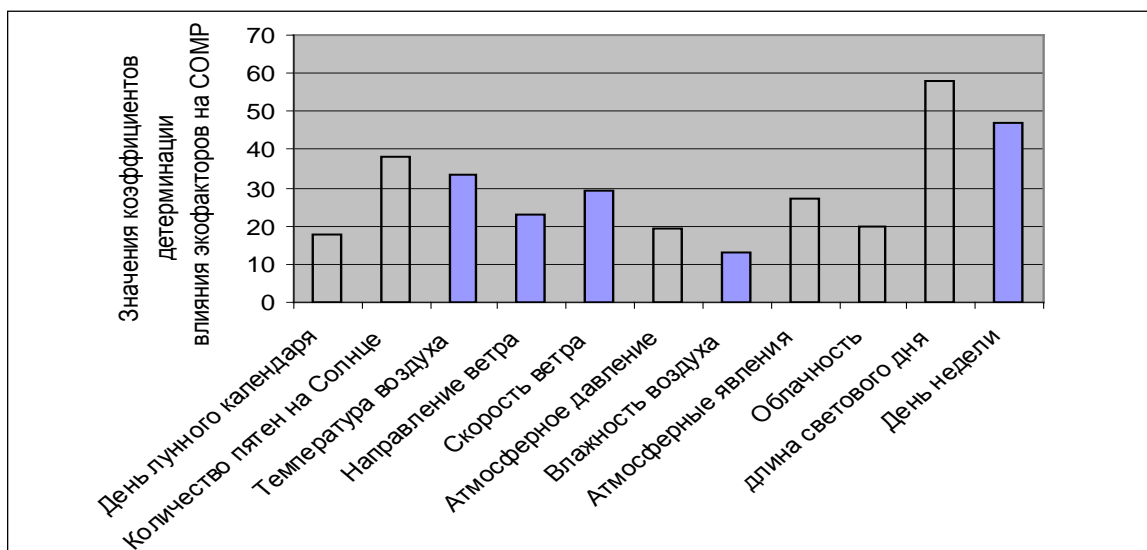


При расчете линейного коэффициента корреляции обнаружилось, что на одних отрезках он имеет положительные значения, а на других – отрицательные. За весь период обследования противоположные знаки нейтрализуются, что обнаруживает низкую эффективность корреляционного анализа линейных связей. Так, в процессе изучения взаимосвязи индивидуальных значений скорости окулomotorной реакции с экологическими факторами были обнаружены линейных зависимости, а при анализе среднегрупповых значений нет.

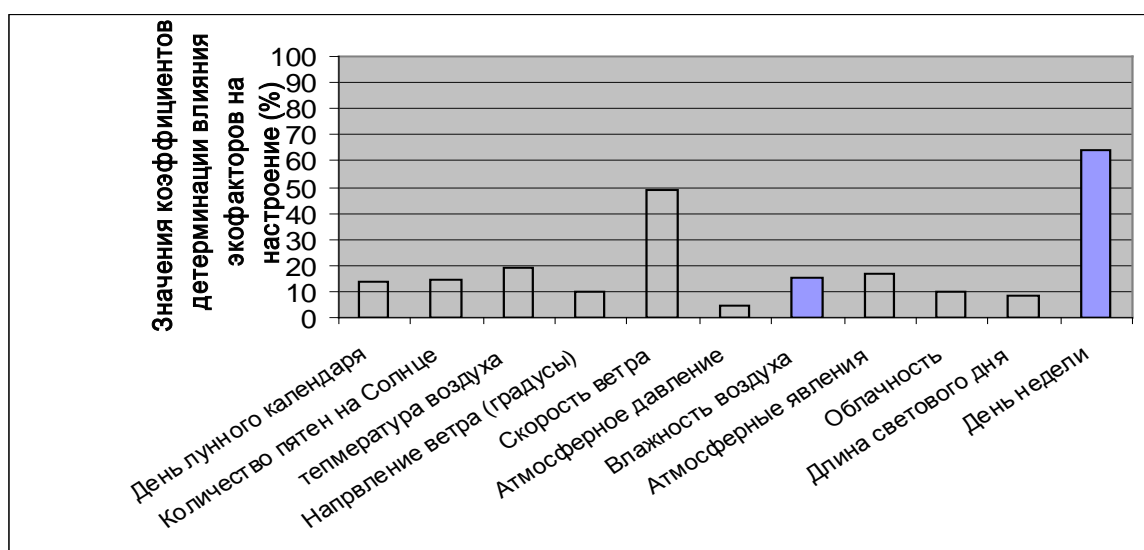
Результаты мониторинга проводимого в течение длительного времени (с 08.11.2005 по 24.05.2006), на большей группе испытуемых (84 человека) показал, что при увеличении выборки, значения корреляционных отношений и коэффициента корреляции снижаются и реже встречаются значения выше критического уровня значимости. Динамика средних в группе оказывается существенно более сглаженной.

Таким образом, анализ индивидуальных данных является более эффективным способом выявления влияния метеогеофизических параметров на психофизиологическое состояние и успеваемость учащихся, чем анализ среднегрупповых значений, так как обнаруживает зависимости в тех случаях, когда анализ средних не позволяет этого сделать.

На основании расчета корреляционных отношений и коэффициентов детерминации между отдельными показателями и экологическими факторами для 71 испытуемой были построены индивидуальные профили экологической зависимости каждого из девяти показателей психофизиологического состояния от совокупности факторов окружающей среды (см. пример на рис. 3 и 4.). Всего было построено 568 профилей. Учитывались показатели скорости психомоторных процессов (СОМР и СДК), кровообращения (СД, ДД, ПД, ЧСС), психоэмоционального состояния (самочувствие, активность, настроение)



**Рис. 3** Индивидуальный профиль экозависимости показателей скорости окуломоторной реакции испытуемой Ш-овой. (заштрихованные столбцы –  $p \leq 0,05$ ; прозрачные -  $p > 0,05$ )



**Рис. 4** Индивидуальный профиль экозависимости показателей настроения испытуемой М-овой. (заштрихованные столбцы  $p \leq 0,05$ ; прозрачные -  $p > 0,05$ )

Анализ многообразия профилей показал широчайшую вариабельность реагирования показателей психофизиологического состояния в ответ на изменения учитываемых параметров окружающей среды. Достаточно заметить, что даже двух абсолютно одинаковых профилей мы не встретили. Различались

профили как одного и того же испытуемого по разным показателям, так и профили разных испытуемых по степени реактивности одного и того же показателя. Отличия выявились, во-первых, по самому факту наличия или отсутствия зависимости показателя от экологического фактора. Во-вторых, в случае выявления зависимости, различались значения коэффициентов детерминации и уровни достоверности, на которых они были получены.

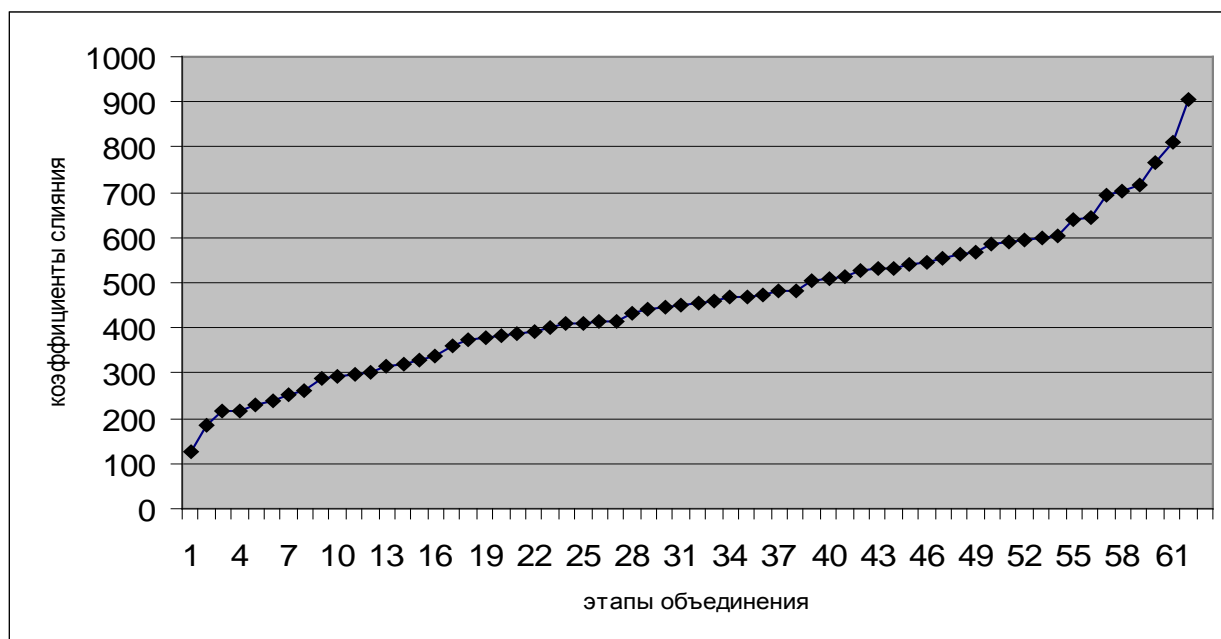
С целью выявления типологий реагирования все рассчитанные корреляционные отношения и коэффициенты корреляции были сгруппированы в корреляционную таблицу в сочетании с показателями психологического и физиологического состояния и подвергнуты кластерному анализу.

Важным этапом кластерного анализа является определение оптимального числа кластеров. Мы использовали иерархический метод кластерного анализа, в котором кластеры представляются в виде древовидной структуры называемой дендрограммой и встает правомерный вопрос: где нужно «обрезать» дерево, чтобы получить оптимальное число групп?

Эта проблема до сих пор находится среди нерешенных задач кластерного анализа из-за отсутствия нулевой гипотезы и многомерных выборочных распределений (Факторный, дискриминантный..., 1989).

Мы применили метод, согласно которому число получаемых из иерархического дерева кластеров изображается графически как функция коэффициентов слияния равных числу способов объединения различных объектов в кластер. На этом графике находится заметное «уплощение» кривой, свидетельствующее, что дальнейшее слияние кластеров не дает новой информации [13]. Также нами прослеживалась динамика увеличения различий по шагам кластеризации и определялся шаг, на котором отмечалось резкое возрастание различий [9, 13]. Это возрастание также можно находить на графике. Оптимальному числу кластеров соответствует разность между числом объектов и шагом, на котором был обнаружен заметный перепад различий (уплощение кривой).

Полученный график представлен на рис. 5. Заметного уплощения кривой, равно как и резкого скачка различий значений коэффициента слияния не наблюдается. Наиболее ярко выделяются два перепада различий коэффициента: при переходе от 1-го шага ко 2-му, число кластеров равно 62 или 61; при переходе от 61-го к 62-му шагу, число кластеров равно 1 или 2.



**Рис. 5 Коэффициенты слияния этапов кластеризации данных по показателям психоэмоционального, физиологического состояния и корреляционных коэффициентов экозависимости учащихся.**

Таким образом, при определении числа кластеров наилучшим образом описывающего типы реагирования отдельных обследованных, мы пришли к выводу, что наиболее логична следующая картина: один кластер – один испытуемый. Найденный нами характер зависимости показателей кровообращения, психоэмоционального состояния и скорости зрительно-моторных реакций, от селено-, гелио- и метеопараметров носит подчеркнуто индивидуальный характер, причем реакции индивидов на средовые флюктуации различаются как по своей выраженности, так и по направленности.

Поэтому профили можно рассматривать как меру зависимости состояния каждого конкретного человека от факторов внешней среды.

Разнообразие индивидуальных механизмов реагирования является основой приспособленности группы к постоянно изменяющимся условиям внешней среды. Это отражает стратегию популяционной адаптации в целом, когда при любом непредсказуемом сочетании воздействий окружающей среды найдутся особи, оптимально функционирующие в существующих условиях за счет собственных физиологических и поведенческих приспособительных реакций.

### **Заключение**

Установлено, что анализ индивидуальных данных является более эффективным способом выявления влияния метеогеофизических параметров на психофизиологическое состояние и успеваемость учащихся, чем анализ среднегрупповых значений, так как обнаруживает зависимости в тех случаях, когда анализ средних не позволяет этого сделать.

Для 71 испытуемой было построено 568 профилей экологической зависимости каждого из девяти показателей психофизиологического состояния от совокупности факторов окружающей среды. Анализ многообразия профилей показал, что характер зависимости показателей кровообращения, психоэмоционального состояния и скорости зрительно-моторных реакций от различных сочетаний метеогеофизических параметров носит подчеркнуто индивидуальный характер. Поэтому профили экологического реагирования могут рассматриваться как мера индивидуальной экозависимости (экочувствительности) человека.

Реакции индивидов на средовые флюктуации различаются как по своей выраженности, так и по направленности настолько широко, что не представляется возможным выявление приемлемых типологий реагирования.

С экологической точки зрения такое многообразие индивидуальных различий оправдано, его целесообразность заключается в том, что оно является основой стратегии групповой адаптации в целом, когда при любом

непредсказуемом сочетании воздействий окружающей среды найдутся особи, оптимально функционирующие в существующих условиях за счет собственных физиологических и поведенческих приспособительных реакций.

### **Литература**

1. Алябина О. В. Влияние метеорологических и гелиофизических факторов на состояние больных сердечно-сосудистыми заболеваниями в 2001 г. в Барнауле/ О. В. Алябина, В. П. Васильев, А. В. Максимов, Н. Ф. Харламова // Известия АГУ, Т.3 №47, 2005. – С. 81 – 84.

2. Андропова Т. И. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека/ Т. И. Андропова, Н. Р. Деряпа, А. П. Соломатин. – Л.: Медицина, 1982. – 75 с.

3. Варламова Н. Г. Изменение параметров электрокардиограммы у мужчин Европейского Севера как маркер влияния климата и возраста/ Н. Г. Варламова, В. Г. Евдокимов // Физиология человека. – 2002. - №6. – С. 109 – 114.

4. Дубров А. П. Лунные ритмы у человека (Краткий очерк по селеномедицине)/ А. П. Дубров. - М.: Медицина, 1990. – 160 с

5. Кочан Т. И. Годовой мониторинг влияний условий севера на метаболизм и функционирование сердечно-сосудистой системы человека/ Т. И. Кочан // Успехи физиологических наук. – 2007. – т. 38., №1 – С. 55 – 65.

6. Кулаков Ю. В. Метеогеофизический стресс и пути его преодоления / под ред. О. Г. Полушина/Ю. В. Кулаков, Ю. В. Каминский. – Владивосток: Медицина ДВ, 2003. – 200 с.

7. Лакин Г. Ф. Биометрия/ Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 351 с.

8. Мазурин А. В. Метеопатология у детей/А. В. Мазурин, К. И. Григорьев. – М.: Медицина, 1990. – 144 с.

9. Наследов А. Д. Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках/ А. Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2007. – 416 с.

10. Плохинский Н. А. Биометрия/ Н. А. Плохинский. – М.: 1970. – 367 с.

11. Стрельникова И. Ю. Экологическая реактивность, как одно из условий, определяющих психофизиологическое состояние и успеваемость учащихся // Психологическое здоровье и психологическая культура в образовании: материалы всероссийской научно-практической конференции/И. Ю. Стрельникова. – Барнаул: Изд-во БГПУ, 2006. – С. 168-170.

12. Тимушкин А. В. Гипоксическая проба – прогностический критерий эффективности адаптации к высокогорью/ А. В. Тимушкин // Вестник Томского государственного университета. Приложение: Материалы международных, региональных научных конференций, семинаров, симпозиумов, школ, проводимых в ТГУ. – 2006. - №21. – С. 146 – 148.

13. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер с англ/ Дж.-О Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.; под ред И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

14. Braga A. The effect of on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. citis/ A. Braga, A. Zanobeti, E. Schwartz // Health perspect. – 2002. - №9. – P. 859 – 863.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Материалы и методы исследования

Индивидуальный характер экокочувствительности человека и профили экологического реагирования (экозависимости)

Заключение