

*На правах рукописи*

**Мандра Юлия Александровна**

**РАСТЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРЫ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
СРЕДЫ КУРОРТНОГО РЕГИОНА  
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КИСЛОВОДСКА)**

03.02.08 – Экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Москва – 2010

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет»

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук, доцент  
**Глазунова Наталья Николаевна**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
**Смуров Андрей Валерьевич**  
кандидат географических наук  
**Шартова Наталья Витальевна**

**Ведущая организация:** ГУ «Ставропольский краевой центр  
по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды»

Защита диссертации состоится «19» ноября 2010 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 501.001.55 при Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1., кор. 12, МГУ им. Ломоносова, Биологический факультет, ауд. 389.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Биологического факультета МГУ.

Автореферат разослан «19» октября 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук

**Н. В. Карташева**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Говоря о развитии курортно-рекреационных зон, необходимо отметить, что залогом их устойчивого развития является рациональное природопользование, основанное на достоверной информации о состоянии окружающей природной среды. Таким образом, наблюдается взаимозависимость развития курортной деятельности и экологических условий рекреационных ландшафтов (Тарасова, 2004; Михайленко, 2005; Purandare, 2009).

Для разработки политики рационального использования курортно-рекреационного региона, а также определения экологической емкости территории необходима оценка качества окружающей среды, ее благоприятности для человека. Следует отметить, что вопрос оценки эффективности управления охраной окружающей среды и формирования системы природоохранных мероприятий не может быть объективно решен лишь на уровне рассмотрения формальных показателей, он требует проведения специальной разносторонней оценки состояния территории (Соколов и др., 1983; Захаров и др., 2000; Неверова, 2004; Пчелинцева, 2004 и др.).

В современных условиях в связи с постоянно растущими темпами антропогенного влияния на природные комплексы требуется «совершенствование системы показателей, создание методологии экологического мониторинга, включая комплексную оценку состояния окружающей среды» (Экологическая доктрина..., 2002). Кроме того, на необходимость создания Единой региональной государственной системы комплексного экологического мониторинга (РГСКЭМ) указывает и Стратегия социально-экономического развития особо охраняемого эколого-курортного региона РФ – Кавказских Минеральных Вод до 2020 года (2006).

Город Кисловодск входит в состав Кавказских Минеральных Вод. В связи с этим представляются актуальными работы по проведению экологической оценки состояния данного курорта.

Следует отметить, что существующая в Кисловодске система контроля за состоянием окружающей среды относится к категории санитарно-гигиенического мониторинга. Однако необходимо учитывать тот факт, что на территории города выделяются различные типы антропогенного воздействия: рекреационный, селитебный, транспортный, водохозяйственный, сельскохозяйственный, лесотехнический, промышленный. В этой связи для планирования развития курорта применение исключительно традиционных методов анализа становится неэффективным, поскольку физико-химические методы указывают лишь на содержание

определенных загрязнителей в среде и не могут дать прямого ответа на вопрос о качестве среды и ее пригодности для обитания живых организмов, в том числе и человека.

По мнению многих ученых (Стрельцов, Константинов, 1999; Захаров, 2000; Федорова, 2002; Мануйлов, 2004 и др.), ключевым компонентом в решении данного вопроса является использование методов биологического мониторинга, позволяющих получить интегральную оценку последствий воздействия комплекса всех внешних факторов на представителей живой природы. Одним из направлений биомониторинга является фитоиндикация, представляющая собой обнаружение и определение экологически значимых нагрузок на основе реакций растительных организмов, произрастающих в данной среде.

**Цель исследования** – апробация использования растительных организмов для биологически значимой оценки состояния окружающей среды г. Кисловодска и обоснование использования полученных данных при планировании развития курорта.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Систематизация и анализ проблем оценки состояния окружающей среды курортного региона.
2. Исследование экологического состояния территории г. Кисловодска с помощью растений-фитоиндикаторов.
3. Экологическое зонирование территории города-курорта и картографическое отображение полученных результатов.
4. Сравнение результатов проведенной фитоиндикации с данными физико-химического контроля и функциональным зонированием территории г. Кисловодска.
5. Определение методически обоснованного сочетания фитоиндикационных подходов в системе экологического мониторинга среды курорта.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Разработан методический комплекс по оценке состояния окружающей среды курортно-рекреационных территорий с использованием растительных организмов.
2. Впервые в Кисловодске проведена комплексная фитоиндикационная оценка состояния окружающей среды.
3. На основе данных фитоиндикации выполнено экологическое зонирование территории города-курорта, позволяющее оценить общий уровень антропогенной нагрузки.

**Теоретическая значимость работы.** Научно обоснованные данные представляют интерес с точки зрения методов комплексного монито-

ринга курортно-рекреационных зон ввиду открытости и актуальности данного вопроса на современном этапе развития науки. Полученные данные в значительной степени дополняют и расширяют сведения об использовании растений в качестве фитоиндикаторов особо охраняемых природных территорий в целом и курортных регионов в частности. Результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе на специальностях «Природопользование», «Геоэкология», «Биоэкология», а также при написании научных трудов в области экологического мониторинга и оценки качества окружающей среды.

**Практическая значимость работы.** Разработанный методический комплекс по оценке состояния окружающей среды с использованием растительных организмов может быть применен для диагностики экологических изменений как в Кисловодске, так и на других территориях особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказских Минеральных Вод.

**Личное участие автора.** Автором самостоятельно поставлены цель и задачи исследования, разработаны основные положения программы и методики работ, собран, обработан и проанализирован экспериментальный материал.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях ФГОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» (2007–2010 г.); III Международной научно-практической конференции «Проблемы экологической безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала» (Ставрополь, 2006); Всероссийской научно-практической конференции «Наука в современных условиях: от идеи до внедрения» (Дмитровград, 2007); Международной научно-практической конференции «Интегрированная защита сельскохозяйственных культур и фитосанитарный мониторинг в современной земледелии» (Ставрополь, 2007); Региональной конференции «Молодежная аграрная наука: состояние, проблемы и перспективы развития» (Ставрополь, 2007); Международной научно-практической конференции «Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения» (Ставрополь, 2008); V Российской научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в АПК» (Ставрополь, 2009); Международной научно-практической конференции «Рациональное использование природных ресурсов и экологическое состояние в современной Европе» (Ставрополь, 2009); I Всероссийской конференции «Научный потенциал молодежи для устойчивого развития современного мира» (Москва, 2010);

Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы современной науки и образования» (Сибай, 2010); Всероссийской научной конференции «Проблемы непрерывного экологического образования» (Екатеринбург, 2010); Международной научно-практической конференции «Ломоносов–2010» (Москва, 2010).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 19 работ, в том числе 2 статьи в журналах из перечня, рекомендованного ВАК Министерства образования и науки РФ.

**Внедрение.** Полученные данные приняты к внедрению для совершенствования мероприятий по экологическому мониторингу, проводимому ГУ «Ставропольский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» на территории города-курорта Кисловодск. Кроме того, результаты настоящей работы включены в учебно-научный процесс (используются на лекционных и лабораторно-практических занятиях по курсам «Экология», «Экологический мониторинг», «Контроль качества окружающей среды») ФГОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет».

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. В целях фитоиндикационной оценки состояния окружающей среды города Кисловодска необходимо использовать растения различных таксонов (лихенофлора, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) береза повислая (*Betula pendula* Roth.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.).
2. Экологическое зонирование территории города-курорта является основой для принятия природоохранных решений, разработки политики развития курорта.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и предложений, списка литературы, который включает 261 источник, в том числе 30 иностранных авторов. Диссертация изложена на 148 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 15 таблицами и 35 рисунками. В дополнение к основной работе оформлено 2 приложения.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** автором изложено состояние исследуемого вопроса по результатам анализа отечественной и зарубежной литературы и определено направление исследований. Кроме того, дана общая характеристика города-курорта Кисловодск.

**Во второй главе** отражены объект и методика исследований.

В целях диссертационной работы в период с 2007 по 2009 гг. на 30 пробных площадках города-курорта Кисловодск проводились фитоиндикационные наблюдения. Площадки (50x50 м) выбирались по принципу равномерно-рассыпанного расположения (Тикунов, 1997; Стрельцов, 2005). При таком их расположении охватываются все основные типы природно-ландшафтных комплексов города-курорта. Это позволяет дать оценку состояния окружающей среды всей территории города, что имеет особую ценность при планировании природоохранных мероприятий.

За контроль была принята площадка № 30. Выбор обоснован тем, что она расположена на водоразделе, а учение о геохимических ландшафтах относит такие ландшафты к категории автономных (Алексеевко, 2000). В соответствии с указанным учением на экосистемы таких участков оказывается минимальное антропогенное воздействие.

Для удобства интерпретации полученных результатов использовалась информация по функциональным зонам города (Правила землепользования..., 2007). Соответственно: а) промышленную зону характеризуют 6 площадок; б) зону общественного городского центра – 5; в) зону курортного назначения – 6; г) жилую зону – 13.

В пределах каждой пробной площадки проводились исследования с использованием следующих методик: 1) лишеноиндикация (Трасс, 1987; Пчелкин, 2004); 2) оценка состояния среды по комплексу признаков у сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (Денисова, 1999); 3) оценка флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* Roth. (Захаров, 2000); 4) индикация состояния среды по частотам встречаемости фенов клевера ползучего *Trifolium repens* L. (Экологический мониторинг..., 2005).

Экологическое зонирование территории города-курорта проводилось на основе анализа полученных за 2007–2009 гг. результатов (индекс полеотолерантности (IP); комплекс морфометрических показателей и показателей характера повреждения и усыхания хвои; коэффициент ФА; индекс соотношения фенов (ИСФ)). Выделялись: условно чистая, переходная и условно загрязненная зоны. Понятие «условно» применяется автором в связи с тем, что используемые методы фитоиндикации не дают информации о концентрации загрязнителей в природных объектах, это прерогатива физико-химических методов мониторинга. Выявленные же изменения в развитии фитоорганизмов свидетельствуют о воздействии на биосистемы всего многообразия внешних стрессоров. Поэтому степень загрязнения среды может оцениваться как «условная».

Все данные, полученные в ходе полевых и лабораторных исследований, обрабатывались с применением современных методов статистического, корреляционного, дисперсного, кластерного анализа. Обработка данных велась в программах Statistica v. 7 и Biostat (Primer of biostatistics) v. 4.03.

**В третьей главе** приведены результаты фитоиндикационной оценки состояния окружающей среды города-курорта Кисловодск.

В ходе лишеноиндикационной оценки автором выявлено 30 видов лишайников (22 – эпифиты, 5 – эпилиты, 3 – напочвенные), из них 43 % – лишайники листоватой формы, 30 % – накипной и 27 % – кустистой. Сравнение видового состава лишеносинузий для пробных площадок проводилось с использованием коэффициента Жаккара ( $K_j$ ). Минимальное сходство ( $K_j = 0,19$ ) обнаружено между площадками № 2 (расположена в пределах промышленной зоны) и № 26 (жилая зона), а максимальное ( $K_j = 0,77$ ) – между № 9 и № 15 (участки жилой зоны). Был проведен кластерный анализ полученных данных (рис. 1).

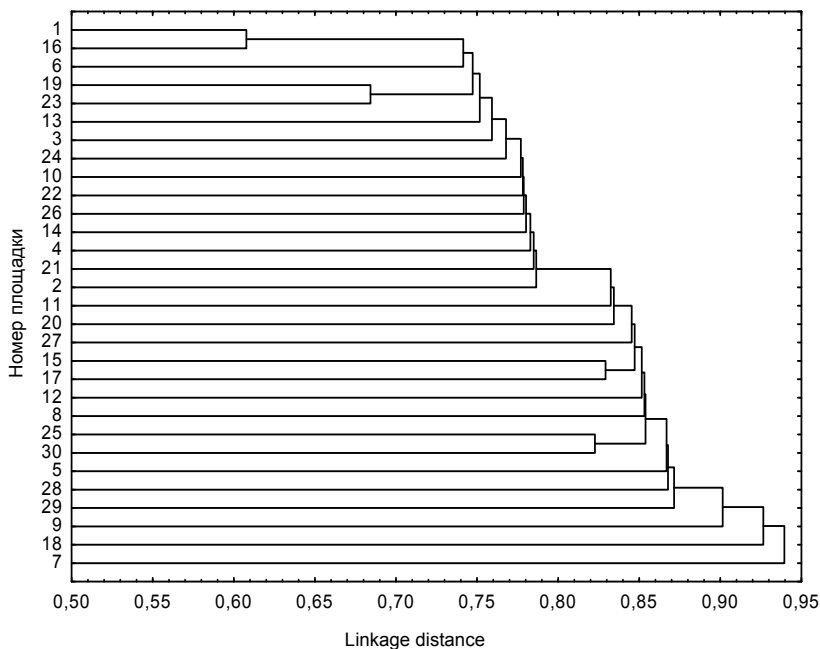


Рис. 1. Дендрограмма сходства пробных площадок по видовому составу лишенофлоры



На основании полученной информации выделено три основных кластера: к первому относятся участки, для которых расстояние связи (Linkage distance) не превышает 0,80; ко второму – 0,87, к третьему – 0,95. Кроме того, один и тот же кластер объединил площадки, расположенные в пределах разных функциональных зон г. Кисловодска (курортной, промышленной, жилой, зоны общественного городского центра). Таким образом, основываясь лишь на анализе видового состава лишенофлоры, провести оценку состояния окружающей среды не представляется возможным.

Для получения уточненных данных по состоянию окружающей среды на деревьях *Betula pendula* Roth. в течение трех лет проводилась лишенометрическая съемка (Пчелкин, Слепов, 2004); вычислялся индекс полеотолерантности (Трасс, 1985, 1987), который позволяет перевести данные из описательной формы на математическую основу (Лиштва, 2007). Всего было обследовано 150 деревьев (по 5 шт. на каждой площадке).

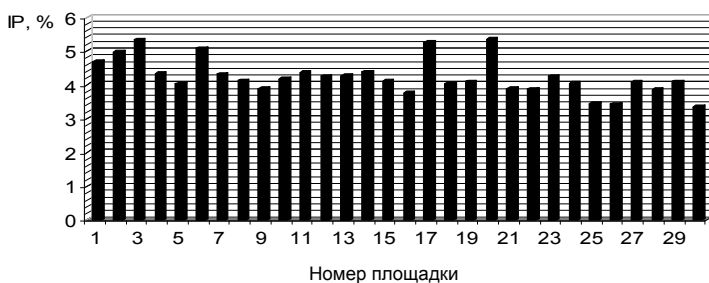


Рис. 2. Значения индекса полеотолерантности (IP)

Было установлено, что значение IP на площадках колеблется от 3,35 (площадка № 30 – контроль) до 5,35 (площадка № 20 – ж/д вокзал) (рис. 2). Коэффициент вариации IP составляет 18,03 %, что указывает на экологическую неоднородность среды. В свою очередь, это является основанием для зонирования территории города-курорта по данному признаку.

Вторая методика, применяемая автором, – оценка состояния среды по комплексу признаков у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). На территории Кисловодска обследовано 150 деревьев (по 5 шт. на каждой площадке).

Был рассчитан индекс продолжительности жизни хвои (Q), позволяющий получить относительную оценку благополучия среды. По данному критерию к участкам с минимальным уровнем загрязнения атмосферного воздуха относятся: № 30 – контроль (Q = 10,2); № 28 – район санатория «Эльбрус» (Q = 9,6); № 16 – квартал жилой зоны (Q = 9,2). Минимальные показатели индекса продолжительности жизни хвои *Pinus sylvestris* L. ( $3,8 < Q < 4,6$ ) приходятся на территорию промышленной зоны (площадки № 3 и № 4) и зоны общественного городского центра (площадка № 20).

Согласно методике с каждой площадки ежегодно отбиралось по 1250 пар хвоинок. Морфометрические исследования хвои *Pinus sylvestris* L. показали, что на участках, приближенных к автодорогам, рынкам, предприятиям (№ 3, 6, 11, 13, 17, 20), отмечается утолщение и укорачивание хвоинок. Коэффициент вариации по данным признакам составил: длина – 3,62 %, ширина – 15,5 %. Кроме того, было установлено, что на указанных участках число хвоинок на 10 см побега прошлого года достигает 220 – 226 шт. В то время как в контроле (№ 30) этот показатель составляет 197 шт. Это обусловлено тем, что в загрязненной зоне замедляется рост побега *Pinus sylvestris* L., в результате чего пучки хвоинок более сближены (Федорова, Никольская, 2001).

В ходе исследований было определено, что абсолютно сухие хвоинки (1000 шт.), собранные с площадок, испытывающих на себе повышенную антропогенную нагрузку (№ 2–4, 6, 17), имеют меньший вес (10,6–11,2 г) по сравнению с хвоей курортной зоны города (вес хвои с площадки № 30 составляет 12 г). Коэффициент вариации данного признака (3,69 %) говорит о слабой степени его изменчивости.

Для выявления зависимости между изученными морфометрическими признаками хвои был проведен корреляционный анализ (табл. 1).

Таблица 1

Матрица корреляции  
морфометрических признаков *Pinus sylvestris* L.

| Признак<br>хвои   | Коэффициент корреляции (r) |           |        |                   |
|-------------------|----------------------------|-----------|--------|-------------------|
|                   | Ширина, мм                 | Длина, мм | Вес, г | Сближенность, шт. |
| Ширина, мм        | –                          | – 0,97    | – 0,97 | – 0,80            |
| Длина, мм         | – 0,97                     | –         | – 0,97 | 0,99              |
| Вес, г            | – 0,97                     | 0,99      | –      | – 0,79            |
| Сближенность, шт. | – 0,80                     | – 0,80    | – 0,79 | –                 |

Из данных табл. 1 видно, что между указанными признаками *Pinus sylvestris* L. существует очень сильная корреляция. Наличие таких связей позволяет судить о том, что аномальные признаки отсутствуют и сосны города развиваются в соответствии со своими биологическими особенностями.

Помимо морфометрических параметров хвои информативным признаком уровня загрязнения экосистемы является характер повреждений и усыхания хвои (Лесные экосистемы..., 1990; Борисова, 2009). Результаты исследований (рис. 3) показали, что на всех пробных площадках присутствует хвоя второго класса повреждения (КП 2), что говорит об умеренной антропогенной нагрузке. Кроме того, хвоя третьего класса (КП 3), максимально пораженная пятнами, отмечена на большинстве площадок, за исключением площадок № 9, 10, 13, 14, 23–30).

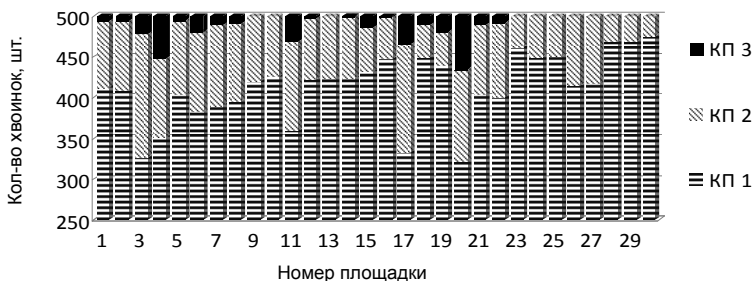


Рис. 3. Количество хвои различных классов повреждения (КП):

КП 1 – хвоя без пятен;

КП 2 – хвоя с начальными признаками хлороза и некроза;

КП 3 – хвоя, на 50 % покрытая черными и желтыми пятнами.

Согласно используемой методике по степени усыхания выделяют хвоинки четырех классов. Результаты исследований (рис. 4) показали, что хвоя максимального класса усыхания (КУ 4) встречается на площадках № 3, 4, 6 (промышленная зона), № 12, 15, 17–22 (территория города, где наблюдается высокая степень загрязнения окружающей среды вследствие выбросов автотранспорта). Пробные площадки, расположенные в пределах курортной зоны, вероятно, характеризуются минимальным загрязнением атмосферного воздуха, так как здесь встречаются хвоинки 2-го года жизни только с усохшими кончиками (КУ 2).

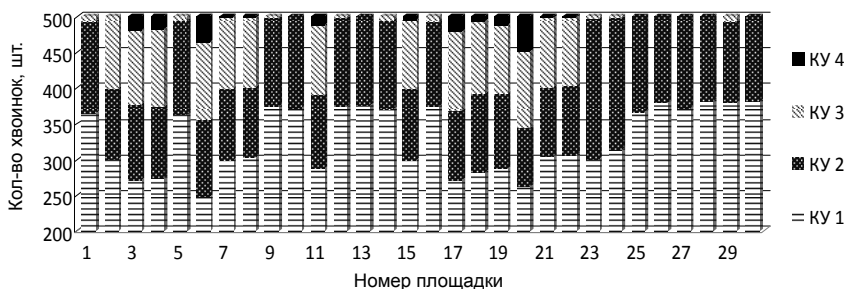


Рис. 4. Количество хвои различных классов усыхания (КУ):

- КУ 1 – на хвоинке нет сухих участков;
- КУ 2 – усох кончик хвоинки (2–5 мм);
- КУ 3 – усохла треть хвоинки;
- КУ 4 – вся хвоинка желтая или более половины ее длины – сухая.

Следующая методика, апробированная автором на территории города-курорта Кисловодск, – оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Выбор данной методики обусловлен тем, что ФА выступает в качестве меры стабильности развития организма и характеризует способность организма к формированию фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений, который в свою очередь является показателем степени соответствия условий среды требованиям организма (Захаров и др., 2000; Leung and other, 2000; Стрельцов, 2005).

Для получения данных по ФА на листовой пластинке *Betula pendula* Roth. снимались показатели по 5 основным промерам: 1) ширина половинки листа (мм); 2) длина второй от основания листа жилки второго порядка (мм); 3) расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка (мм); 4) расстояние между концами этих же жилок (мм); 5) угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка (градус). В качестве дополнительного признака была выбрана площадь (мм<sup>2</sup>) правой и левой сторон листовой пластинки *Betula pendula* Roth. Всего за период 2007–2009 гг. на каждой пробной площадке отобрано 750 шт. березовых листьев, снято 4500 промеров.

Расчет коэффициентов ФА показал, что его минимальное значение (0,027) наблюдается на площадках № 22 (район памятника Г. К. Орджоникидзе) и № 30 (контроль) (рис. 5). Наиболее подвержены влиянию комплекса негативных факторов участки, прилегающие к автодорогам, железнодорожным путям (№ 1, 3, 4, 11, 14, 19, 20), где показатели ФА максимальны (0,040–0,045).

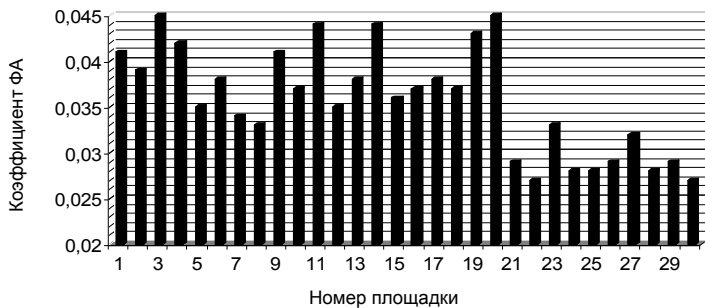


Рис. 5. Коэффициент флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки *Betula pendula* Roth.

Индикация фенотипов клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) осуществлялась путем визуального подсчета количества встречающихся экземпляров растения с различной формой «седого рисунка» и без него (Экологический мониторинг... 2005). Всего за 2007–2009 гг. с каждой пробной площадки было отобрано по 600 образцов клевера ползучего.

Для получения количественной оценки состояния окружающей среды на изучаемых площадках был рассчитан индекс соотношения фенотипов *Trifolium repens* L. Результаты расчетов представлены на рис. 6. Значение коэффициента вариации ИСФ составляет 14,3 %, что подтверждает результаты других проведенных оценок и указывает на экологическую неоднородность среды.

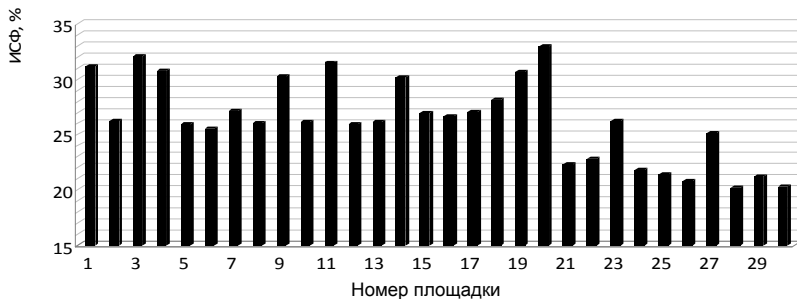


Рис. 6. Значения индекса соотношения фенотипов (ИСФ) *Trifolium repens* L.

**Четвертая глава** посвящена экологическому зонированию территории Кисловодска и картографическому отображению полученных данных. На основе результатов использования четырех фитоиндикационных методик (табл. 2) автором составлены соответствующие карто-схемы, указывающие на наличие определенных «зон благополучия».

Таблица 2

Зонирование территории г. Кисловодска по результатам фитоиндикации

| Состояние окружающей среды («зона благополучия») | Данные фитоиндикации           |  |  |   |
|--|--------------------------------|--|--|---|
|  | Индекс полеотолерантности (IP) | Комплекс показателей <i>Pinus sylvestris</i> L*.   | Коэффициент ФА листа <i>Betula pendula</i> Roth. | Индекс соотношения фенов (ИСФ) <i>Trifolium repens</i> L. |
| Условно чистая зона                              | Менее 4,0                      | 8,1 < Q < 10,5<br>0,7 < Ш < 0,9<br>65,8 < Д < 68,2<br>11,6 < В < 12<br>196 < С < 206<br>КП 1, 2<br>КУ 1, 2, 3        | Менее 0,04                                       | Менее 25%   |
| Переходная зона                                  | 4,0–5,0                        | 5,9 < Q < 8,1<br>0,9 < Ш < 1,1<br>63,5 < Д < 65,8<br>11,2 < В < 11,6<br>206 < С < 216<br>КП 1, 2, 3<br>КУ 1, 2, 3, 4 | 0,04–0,044                                       | 25–30%  |
| Условно загрязненная зона                        | Более 5,0                      | 3,8 < Q < 5,9<br>1,1 < Ш < 1,3<br>61,1 < Д < 63,5<br>10,8 < В < 11,2<br>216 < С < 226<br>КП 1, 2, 3<br>КУ 1, 2, 3, 4 | Более 0,045                                      | Более 30 %  |

\*Примечание: Q – индекс продолжительности жизни хвои; Ш – ширина хвоинок (мм); Д – длина хвоинок (мм); В – вес 1000 абсолютно сухих хвоинок (г); С – сближенность хвоинок на 10 см побега второго года (шт.); КП – присутствие хвои определенного класса повреждения (1,2,3); КУ – присутствие хвои определенного класса усыхания (1, 2, 3, 4)

**В пятой главе** анализируется общее экологическое состояние среды г. Кисловодска.

Для обнаружения связи между полученными фитоиндикационными данными был проведен корреляционный анализ (табл. 3) и выявлена положительная корреляция. Это обстоятельство позволяет утверждать, что полученные данные дополняют друг друга, обеспечивая достоверность исследований.

Таблица 3

Матрица корреляции данных, полученных с использованием различных растений-индикаторов

| Индикатор | Коэффициент корреляции (r) |       |        |        |
|-----------|----------------------------|-------|--------|--------|
|           | Лишайники                  | Сосна | Береза | Клевер |
| Лишайники | –                          | 0,74  | 0,76   | 0,65   |
| Сосна     | 0,74                       | –     | 0,61   | 0,63   |
| Береза    | 0,76                       | 0,61  | –      | 0,94   |
| Клевер    | 0,65                       | 0,63  | 0,94   | –      |

Результаты комплексной оценки состояния окружающей среды на пробных площадках города-курорта Кисловодск представлены на рис. 7. Таким образом, к условно чистой зоне города относится лишь 20 % (около 1430 га) территории города-курорта Кисловодск. Около 17 % территории занимают участки, наиболее подверженные антропогенному изменению. На переходную зону приходится более 4500 га (63 %). Такое распределение указывает на неравномерность существующей антропогенной нагрузки.

Анализ фитоиндикационных данных показал, что условно чистые и переходные зоны расположены в пределах участков с минимальной химической нагрузкой. Кроме того, данные фитоиндикации, полученные на участках № 3, 4, 6, 14, 17 и 20, подтвердили результаты проведения физико-химического анализа (по данным ГУ «Ставропольский ЦГМС», концентрации пыли, оксидов азота и оксида углерода на указанных участках превышают значения соответствующих предельно-допустимых концентраций (ПДК)). Таким образом, наблюдается зависимость изменения фитоиндикационных показателей от степени чистоты атмосферного воздуха. К сожалению, в количественном отношении данную корреляцию выразить крайне сложно, так как растения реагируют на весь комплекс факторов. Для установления влияния конкретных загрязнителей на изменение конкретного признака организма необходимо использовать методы активной биоиндикации и биотестирования.

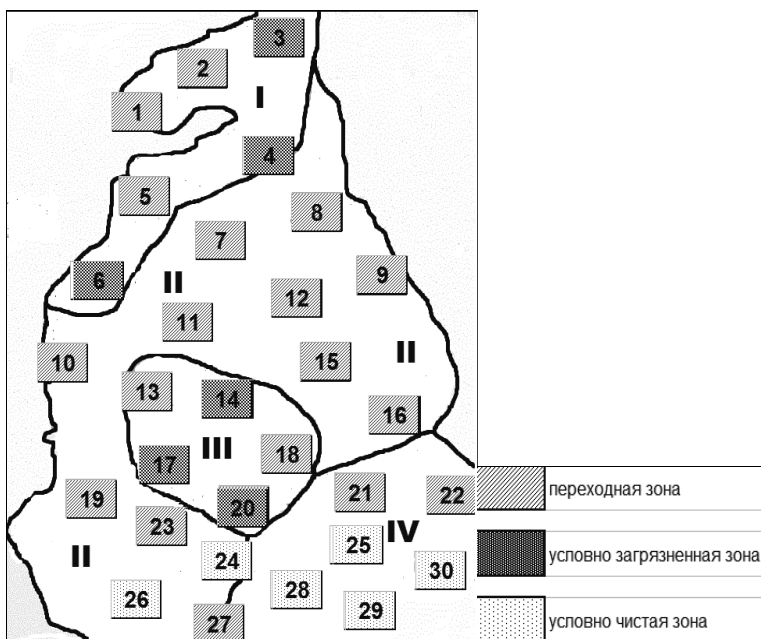


Рис. 7. Картограмма общей оценки состояния экосистем г. Кисловодска по изученным фитоиндикационным показателям:

- I – промышленная зона; II – жилая зона;
- III – зона общественного городского центра;
- IV – зона курортного назначения;
- 1 – 30 – номера пробных площадок.

Сравнительный анализ функционального зонирования территории города с экологическим зонированием, проведенным автором, показал, что практически вся жилая зона соответствует переходной (см. рис. 7). В пределах промышленной зоны города отмечаются показатели, характеризующие максимальное антропогенное воздействие, а также показатели переходной зоны (участки № 1, 2, 4, 5). Высокой опасности подвергаются экосистемы территории общественного городского центра. Здесь 60 % участков соответствуют условно загрязненной зоне и 40 % – переходной. Для зоны курортного назначения необходимо отметить, что ее экосистемы являются условно чистыми, за исключением участков, приближенных к автодорогам, домам отдыха, санаториям.



Таким образом, полученные четыремя фитоиндикационными методиками результаты дополняют и уточняют карту функционального зонирования города и могут быть приняты к сведению при формировании политики развития курорта.

В **заключении** автор дает обоснование использования разработанного методического комплекса для оценки состояния окружающей среды курортного региона:

1. Каждая методика в отдельности является важной составляющей всей системы мониторинга окружающей среды. Для получения достоверных результатов необходимо использовать растения различных таксонов.
2. Сочетание четырех фитоиндикационных методик позволяет проводить исследования круглогодично и получать информацию о всесезонном состоянии среды.
3. Указанный подход позволяет использовать методики как на всей территории города (для определения фонового загрязнения), так и для оценки непосредственного влияния конкретного источника загрязнения на биологические системы.
4. Индикация по частотам встречаемости фенов клевера ползучего является менее подходящей для фоновой оценки состояния среды. Это связано с пространственным и структурным изменением травяного покрова на территории города, что затрудняет проведение ежегодных исследований в пределах одной и той же пробной площадки. Тем не менее данную методику можно применять при ведении работ по локальному мониторингу среды.

Таким образом, использование растений-индикаторов дает необходимую для сбалансированного развития постоянно обновляемую системную информацию о состоянии всей территории. Это обстоятельство особенно важно для эффективного функционирования всей системы экологического мониторинга отдельно взятого города-курорта и является основанием для разработки политики рационального природопользования и устойчивого развития всего региона Кавказских Минеральных Вод.

### **ВЫВОДЫ:**

1. Методический комплекс по фитоиндикационной оценке состояния окружающей среды курортной территории включает использование растений различных таксонов (низшие – лишайники; высшие – хвойные и лиственные древесные породы, травы).

2. Для оценки состояния окружающей среды курортного региона методически «удобными» фитоиндикаторами являются лишайники, сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., береза повислая *Betula pendula* Roth. Клевер ползучий *Trifolium repens* L. целесообразно использовать при ведении работ по локальному мониторингу.
3. Данные, полученные различными фитоиндикационными методами, дополняют друг друга, обеспечивая их достоверность. Выявлена положительная корреляция результатов применения различных методик ( $0,74 < r < 0,94$ ).
4. Общая оценка уровней антропогенной нагрузки дает основание для комплексного экологического зонирования территории города-курорта. Условно чистую зону составляют 20 % территории Кисловодска, переходную – 63 % и условно загрязненную – 17 %.
5. Результаты фитоиндикационных исследований составляют информационную базу, являющуюся неотъемлемой частью региональной системы экологического мониторинга.

#### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ:**

1. Принять оперативные меры по оздоровлению среды на участках № 3 (автовокзал), № 4 (квартал между ул. Маяковского и ул. Подкумской), № 6 (район гимназии №19), № 14 (район кинотеатра «Россия»), № 17 (район центрального рынка), № 20 (ж/д вокзал). Для этого необходимо ограничить проезд грузового и легкового транспорта; предприятиям – установить очистные сооружения, пыле- и газозадерживающие установки и вести производственный экологический контроль.
2. Разработать план долгосрочных мероприятий по сохранению и улучшению качества среды на участках переходной и условно чистой зон.
3. Периодически (1 раз в 3 года) вести фитоиндикационные исследования по разработанному комплексу методик; о полученных результатах сообщать в администрацию г. Кисловодска.
4. Считать целесообразным создание лаборатории экологического мониторинга, ведущей фитоиндикационные и физико-химические наблюдения как в Кисловодске, так и в регионе Кавказских Минеральных Вод.

## **СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Мандра, Ю. А. Комплексная фитоиндикационная оценка состояния окружающей среды города-курорта Кисловодск [Текст] / Ю. А. Мандра // Юг России: экология, развитие. – 2010. – № 1. – С. 24–32.
2. Мандра, Ю. А. Место и роль фитоиндикации в общей системе экологического мониторинга курортно-рекреационного региона [Текст] / Ю. А. Мандра // Вестник МГТУ Станкин. – 2010. – № 2. – С. 15–23.

### **Другие научные публикации:**

1. Мандра, Ю. А. Биоиндикация как перспективная составляющая экологического мониторинга на охраняемых территориях [Текст] / Ю. А. Мандра, И. О. Лысенко, В. Пустовит // Актуальные вопросы экологии и природопользования: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – Т. 1. – С. 328–331.
2. Мандра, Ю. А. Растения как тест-системы биологического тестирования качества окружающей среды [Текст] / Ю. А. Мандра, И. О. Лысенко // Студенческая наука–2006: сб. науч. раб. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 26–30.
3. Лысенко, И. О. Использование международных тест-систем для оценки состояния окружающей среды [Текст] / И. О. Лысенко, Ю. А. Мандра // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : сб. науч. ст. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 65–67.
4. Лысенко, И. О. Оценка состояния биогеоценоза с помощью интегрального коэффициента сохранности (ИКС) [Текст] / И. О. Лысенко, Ю. А. Мандра // Проблемы экологической безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала : матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь : Северный Кавказ, 2006. – С. 153–156.
5. Мандра, Ю. А. Место биоиндикации в общей системе экологического мониторинга [Текст] / Ю. А. Мандра // Наука в современных условиях от идеи до внедрения : матер. Всерос. науч.-практ. конф. / Ульяновская ГСХА. – Димитровград, 2007. – С. 393–400.

6. Мандра, Ю. А. Оценка загрязнения экосистем Тебердинского государственного биосферного заповедника методом биоиндикации [Текст] / Ю. А. Мандра, И. О. Лысенко, Н. Н. Глазунова // Наука в современных условиях от идеи до внедрения : матер. Всерос. науч.-практ. конф. / Ульяновская ГСХА. – Димитровград, 2007. – С. 400–408.
7. Мандра, Ю.А. Определение степени загрязненности урбанизированной территории методом биоиндикации [Электронный ресурс] / Ю. А. Мандра // Материалы докладов XIV Междунар. конф. студ., аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» / отв. ред. И. А. Алешковский, П. Н. Костылев – М. : Изд. центр Факультета журналистики МГУ им. М. В. Ломоносова, 2007. – Режим доступа: [http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2007/02/yulya85050@mail.ru.doc.pdf](http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2007/02/yulya85050@mail.ru.doc.pdf).
8. Мандра, Ю. А. О возможности проведения биоиндикации Тамбуканского озера [Текст] / Ю. А. Мандра // Молодежная аграрная наука: состояние, проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. по матер. регион. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – С. 541–543.
9. Мандра, Ю. А. ГИС в системе биологического мониторинга рекреационно-курортной зоны Кавказских Минеральных Вод [Текст] / Ю. А. Мандра // Молодежная аграрная наука: состояние, проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. по матер. регион. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – С. 543–546.
10. Мандра, Ю. А. Сравнительная оценка урбанизированной и охраняемой территорий методом биоиндикации [Текст] / Ю. А. Мандра, И. О. Лысенко, Н. Н. Глазунова // Интегрированная защита сельскохозяйственных культур и фитосанитарный мониторинг в современной земледелии : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – С. 223–233.
11. Мандра, Ю. А. Интегральная оценка состояния окружающей среды: возможности и перспективы [Текст] / Ю. А. Мандра // Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 175–178.
12. Мандра, Ю. А. Флуктуирующая асимметрия растительных организмов как тест-система оценки качества среды [Текст] /

- Ю. А. Мандра // Химия. Биотехнология. Защита растений : сб. науч. тр. – Ставрополь : ООО «Мир данных», 2009. – С. 27–33.
13. Мандра, Ю. А. Индикация состояния курортно-рекреационных ландшафтов по частотам встречаемости фенотипов *Trifolium repens* [Текст] / Ю. А. Мандра // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : матер. 73-й науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 136–139.
  14. Мандра, Ю. А. Особенности биоиндикации агроценоза [Текст] / Ю. А. Мандра, Н. Н. Глазунова // Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе : сб. науч. тр. по матер. V Рос. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : АГРУС, 2009. – С. 145–148.
  15. Мандра, Ю. А. Фитоиндикационная оценка состояния почвенного покрова курортно-рекреационных ландшафтов [Текст] / Ю. А. Мандра // Рациональное использование природных ресурсов и экологическое состояние в современной Европе : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь : ИП Сыровец В.Л.: Параграф, 2009. – С. 129–133.
  16. Мандра, Ю. А. Система комплексного фитомониторинга курортного региона как основа его устойчивого развития [Текст] / Ю. А. Мандра // Ломоносов–2010: XVII Междунар. конф. студ., аспирантов и молодых ученых; секция «Биология» : тезисы докл. / МГУ им. М. В. Ломоносова. – М. : МАКСПресс, 2010. – С. 103–104.
  17. Мандра, Ю. А. Использование методов биоиндикации для формирования экологических знаний у студентов [Текст] / Ю. А. Мандра // Проблемы непрерывного экологического образования : матер. I Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / УГТУ–УПИ. – Екатеринбург, 2010. – С. 310–312.

Подписано в печать 15.10.2010. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.  
Тираж 100. Заказ № 442.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,  
г. Ставрополь, ул. Мира, 302.