

## МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т.В. Вострикова

*Воронежский государственный университет*

Разработан метод оценки состояния геологической среды по коэффициенту симметрии листа (КС). Предлагается использование данного метода для эколого-геологического мониторинга литосферы.

В пределах техногенно-перегруженных территорий при определении эколого-геологических систем за основу берется антропоцентрический подход. Данные эколого-геологические системы представляют частный случай, при их изучении в центр внимания выводится человек. В этой связи под эколого-геологическими системами предполагается принимать комплексные системы, включающие в качестве взаимодействующих элементов геологическую среду, техносферу и человека. Для реализации данного подхода вводятся два базовых определения: экологические функции геологической среды – есть выраженная направленность действий, определяющих условия жизнедеятельности человека. Это поведенческий признак системы. Экологические свойства геологической среды – комплекс параметров, описывающих ее экологические функции. Это признак, характеризующий специфические свойства системы [1-4].

В природе все тела имеют симметричную форму, идеальной является форма шара. Любая асимметрия – это следствие действия техногенных и естественных факторов, негативно влияющих на биоту. Самым первым деградирует низший класс экологической пирамиды – растительность. Именно она определяет эколого-биотическое состояние местности.

Исследования последних лет показали, что растения можно использовать как тест-объекты для мониторинговых исследований. По их различным характеристикам оценивают состояние окружающей среды и отслеживают изменения в течение ряда лет. Для оценки состояния среды подходят физиологические, биохимические, генетические, цитологические (на уровне клетки), а также морфологические характеристики. Используя даже одну из них, можно дать интегральную (общую) оценку состояния среды. Мониторинговые исследования позволяют, с одной стороны, оценить состояние геологической среды за определенный промежуток времени, с другой стороны, проследить как вся совокупность внешних факторов: геологических, природно-климатических (температура, влажность) и антропогенных (радиационное и химическое загрязнение) влияет на живые организмы. Выявляя изменения характеристик у растительных объектов, можно говорить о загрязнении среды и прогнозировать опасность для человека. Поэтому важно исследование

состояния геологической среды как среды обитания человека. В естественных условиях могут существовать факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на систему. Это наблюдается в районе разломных зон берегов водохранилищ, в районе геохимической, геофизической, геодинамической аномалий. Так, например, в районе естественной геохимической аномалии – месторождении урана – отмечается повышение радиационного фона, а следовательно ухудшение радиационной обстановки. В неблагоприятных естественных и техногенных условиях, где присутствует сильное воздействие, у растений изменяется форма листовых пластинок: появляется асимметрия. На этом свойстве растительных объектов основан метод оценки состояния геологической среды по коэффициенту симметрии (КС) листа.

Поэтому в настоящее время в связи с возрастающим антропогенным прессингом чрезвычайно важна быстрая и правильная оценка состояния окружающей среды, в том числе геологической, которая также подвергается сильному загрязнению. В почве происходит накопление некоторых компонентов выбросов промышленных предприятий и бытовых отходов, например, тяжелых металлов, особенно свинца, который входит в состав выхлопных газов автотранспорта. Сейчас основным загрязнителем среды является автотранспорт, а свинец составляет 18% продуктов сгорания топлива. Тяжелые металлы имеют не только мутагенный, тератогенный, но и канцерогенный эффект – вызывают онкозаболевания у человека. В связи с этим очень важны экологические исследования геологической среды, компонентов литосферы как местообитания человека.

При оценке состояния компонентов литосферы целесообразно использовать растительные объекты, для которых почва является субстратом. Загрязнение почвы отражается на состоянии зеленых растений. Поэтому по различным показателям растений можно определить степень загрязнения геологической среды и почвы как компонента литосферы.

Перспективным подходом для интегральной биологической характеристики состояния среды является морфологический. Исследования показывают, что уровень флуктуирующей асимметрии (промеров листа) чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении ан-

тропогенного прессинга [5,6]. Повышение степени воздействия приводит к возрастанию изменчивости показателей и снижению стабильности. Было замечено, что морфологические и цитогенетические показатели согласованно изменяются под влиянием внешних факторов [7]. Растительные сообщества, подверженные более сильному антропогенному воздействию, характеризовались более высоким уровнем как морфологических, так и цитогенетических нарушений. Это проявлялось в ухудшении роста, повреждении надземной части растения, особенно листьев, даже отмирании целого побега [8,9]. У высших растений возможны наследственные и ненаследственные аномалии развития корней, листьев, побегов, почек, цветков, плодов, семян. Чаще наблюдается изменение размера и конфигурации органов. Цитогенетические и биохимические нарушения – это ухудшение деления клеток, повреждения генетического аппарата (мутации), снижение интенсивности метаболических процессов. Таким образом, в техногенных условиях отмечается тератогенное воздействие на живые организмы, которое можно оценить с помощью морфометрического метода.

Определение состояния литосферы по морфологическим показателям является экспресс-методом, который достаточно прост, не требует больших временных и материальных затрат. Исследования по флуктуирующей асимметрии (промеров листа) были проведены на березе В.М. Захаровым с сотрудниками [5]. Для эколого-тератологических исследований морфологических показателей растений, в частности, метода оценки состояния литосферы по коэффициенту симметрии листовой пластинки целесообразно использовать одуванчик лекарственный и подорожники. Эти растения широко распространены, типичны для зоны Центрального Черноземья, доступны для сбора, цитогенетически изучены, поэтому могут служить тест-объектами для мониторинга состояния среды. Использование одуванчика и некоторых видов подорожников (многолетние травянистые) имеет ряд преимуществ. Они, в отличие от древесных растений имеют короткий период созревания. Более быстрая смена поколений позволяет наблюдать изменения их характеристик, определять устойчивость или нестабильность показателей и возможность адаптации к условиям среды. В отличие от однолетних травянистых растений, одуванчик и подорожник могут накапливать определенные дозы загрязнителей среды – мутагенов (ионизирующей радиации, тяжелых металлов). Как многолетники они могут накапливать некоторые концентрации данных веществ и являться растениями-биоиндикаторами. Влияние тяжелых металлов на зеленые растения велико, поскольку они оседают на поверхности почвы и имеют тенденцию накапливаться в ее верхних слоях. Являясь устойчивыми к выщелачиванию и распаду, тяжелые металлы всасываются через корневую систему растений и способны в них аккумулироваться. Выхлопные газы автотранспорта, содержащие сви-

нец, оседают на листьях растений. При выпадении атмосферных осадков часть загрязняющих веществ с листьев смывается в почву, а часть усваивается растением, а затем с растительным опадом поступает в почву. В итоге, эти вещества поступают через корневую систему в растения. Такое действие могут иметь тяжелые металлы,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , и другие загрязнители.

Срок жизни многолетних трав зависит от условий произрастания (свойств и степени загрязнения почвы, выгребывания и т.д.). Ежегодные мониторинговые исследования – промеры листа у одуванчика и подорожника позволяют увидеть изменения этих показателей за каждый год, оценить по изменению морфологических характеристик состояние литосферы и проследить динамику за несколько лет.

Коэффициент симметрии ( $KC$ ) листа является одним из показателей, демонстрирующих техногенное влияние на биоту. Он рассчитывается по формуле:  $KC = Sa/Sb * 100\%$ , где  $Sa$  - площадь меньшей половины листа,  $Sb$  - площадь большей половины листа.

По полученным данным выделяют следующие критерии состояния среды:

- >95% - экологическая норма
- 95-90% - экологический риск
- 90-85% - экологический кризис
- <85% - экологическое бедствие.

Исследования показали надежность данного метода при оценке состояния литосферы в экологически безопасном районе и в условиях техногенного загрязнения [10]. Оценка степени загрязнения литосферы по результатам изучения морфологических показателей растений в районе биостанции ВГУ “Веневиново” (изначально считавшегося экологически безопасным) совпала с данными по цитогенетическому мониторингу (исследованиями цитогенетических характеристик) в этом районе [11]. В целом, можно отметить уже фиксированную деградацию некоторых видов лесных экосистем в пределах заповедных зон, к которым относится район биостанции ВГУ “Веневиново”.

Таким образом, предлагаемый метод достаточно надежен, быстр, прост в исполнении, позволяет получать достоверные результаты и адекватно оценивать состояние литосферы как компонента геологической среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Королев В.А. Мониторинг геологической среды / В.А. Королев. - М., 1995. -272 с.
2. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова.- М., 1997.-398с.
3. Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др.; Под ред. В.Т. Трофимова.- М., 2000. -432с.
4. Трофимов В.Т. Экологическая геология. Учебник / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М., 2002. – 415 с.
5. Кряжева Н.Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения /

- Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, В.М. Захаров // Экология. – 1996. – № 6. – С. 441-444.
6. Чистякова Е.К. Возможность использования показателей стабильности развития и фотосинтетической активности для исследования состояний природных популяций растений на примере березы повислой / Е.К. Чистякова, Н.Г. Кряжева // Онтогенез. – 2001. – Т. 3, № 6. – С. 422-427.
  7. Чубинишвили А.Т. Оценка стабильности развития и цитогенетического гомеостаза в популяциях европейских зеленых лягушек (комплекс *Rana esculenta*) в естественных и антропогенных условиях / А.Т. Чубинишвили // Онтогенез. – 2001. – Т. 3, № 6. – С. 434-439.
  8. Алексеев В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев. – Л.: Наука, 1990. – 220 с.
  9. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / И.И. Коршиков, В.С. Котов, И.П. Михеенко и др. / – Киев, 1995. – 192 с.
  10. Косинова И.И. Особенности эксплуатации водохранилищ в зонах горнодобывающих предприятий / И.И. Косинова, М.А. Небольсина // Экологические и правовые аспекты эксплуатации водохранилищ: Матер. первой междунар. научн.-практ. конф.(26-28 февраля 2003г.). – Воронеж, 2003. – С. 241-244.
  11. Вострикова Т.В. Цитозология березы повислой (*Betula pendula* Roth): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Т.В. Вострикова. – Воронеж, 2002. – 24 с.

УДК 550.831

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕПРИЛИВНЫХ ВАРИАЦИЙ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТОЙ

Ю.В. Антонов, В.И. Жаворонкин, С.В. Слюсарев

*Воронежский государственный университет*

Известно, что вертикальный градиент поля силы тяжести изменяется во времени. Эти изменения носят сложный, многокомпонентный характер и определяются различными факторами. Главными из них факторов являются вращение Луны вокруг Земли и вращение Земли вокруг Солнца. Связанная с ними компонента вариаций носит периодический характер, что подтверждается хорошей корреляционной связью вариаций градиента силы тяжести с циклическими перемещениями масс в системе Солнце - Земля - Луна. На фоне этой основной составляющей существует еще одна, аperiodическая составляющая, впервые установленная в результате экспериментальных исследований сотрудниками кафедры геофизики Воронежского госуниверситета - так называемая компонента неприливых вариаций вертикального градиента силы тяжести. Многолетние исследования показали, что неприливые вариации вертикального градиента имеют периоды в диапазоне от нескольких до 300 минут при максимуме вариаций, приходящемся на период 60 минут. В последующих работах было показано, что эти возмущения гравитационного поля тесно связаны с собственными колебаниями Земли и в различных ее регионах несколько различаются между собой. Режимные наблюдения неприливых вариаций позволили предположить возможное наличие связи между их характером и современной сейсмичностью земной коры, а также особенностями строения Земли. В итоге были сформулированы задачи дальнейших исследований по уточнению периодов и спектров неприливых вариаций, изучению их зависимости от географической широты и проявлению их

связи с геологическим строением и тектонической активностью конкретных участков земной коры.

В процессе решения этих задач были проведены синхронные измерения неприливых вариаций вертикального градиента силы тяжести в пунктах, располагающихся на различных широтах: Воронеж (~52° с.ш.), Вельск (~61° с.ш.) и Апатиты (~68° с.ш.). Наблюдения проводились по методике разработанной на кафедре геофизики ВГУ [1, 2] в течении трех часов ежесуточно. Подобная продолжительность цикла позволила уверенно выделять периоды в интервале от 10 мин до 1,5 часов. Нижний интервал в 10 мин определяется тем, что время между наблюдениями составляет 3-5 мин.

Полученные результаты наблюдений в обоих пунктах, представленные в виде графиков, обрабатывались по единой методике. В отдельные дни отмечались интенсивные микросейсм. В Воронеже и Вельске интенсивные микросейсм. наблюдались только после крупных землетрясений в любой точке планеты. В Апатитах микросейсм. отмечаются более часто и обусловлены они прохождением сильных циклонов по северу Скандинавии и России. В целом, наблюдения в Апатитах в большей степени подвержены влиянию микросейсм.

Усредненные по всем циклам графики неприливых вариаций в каждом пункте наблюдений использовались для расчета усредненных периодограмм. Несмотря на внешнее небольшое расхождение между периодограммами для Воронежа, Апатит и Вельска (рисунок), в указанных пунктах наблюдения отмечаются весьма сходные периоды вариаций. Некоторое отличие между периодограммами можно