

- 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*

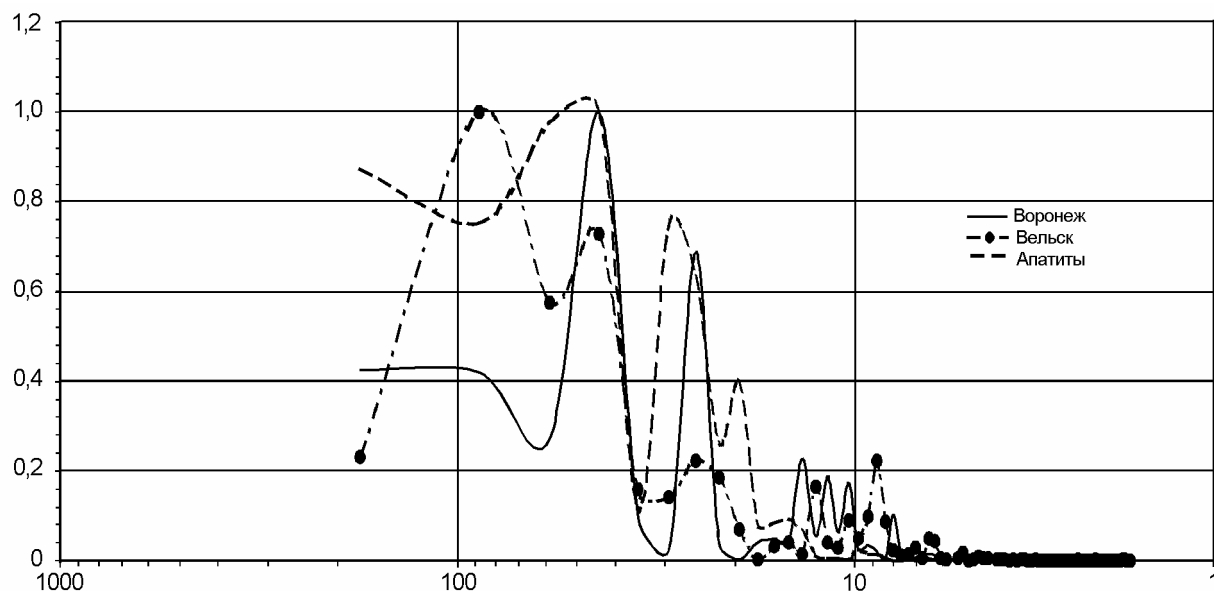
Известно, что вертикальный градиент поля силы тяжести изменяется во времени. Эти изменения носят сложный, многокомпонентный характер и определяются различными факторами. Главными из них факторов являются вращение Луны вокруг Земли и вращение Земли вокруг Солнца. Связанная с ними компонента вариаций носит 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



**Рисунок. Периодограммы непривливых вариаций вертикального градиента поля силы тяжести для пунктов наблюдений Воронеж, Вельск и Апатиты**

объяснить двумя причинами. Во-первых, уровень микросейсм для Воронежа и Вельска, расположенных в центре Восточно-Европейской платформы, и для Апатитов, находящихся на небольшом удалении от Северной Атлантики, - существенно различен. Во-вторых, наличие субъективного фактора, поскольку операторы в Апатитах не имели достаточного опыта мониторинговых наблюдений с высокочувствительными гравиметрами.

Вычисленные такими способами градиенты силы тяжести аппроксимировались кубическим сплайном с шагом по времени в одну минуту, и подвергались затем преобразованию Фурье. Полученные спектры позволили выделить, как совпадение частотного состава вариаций вертикального градиента, так и его различия в разные дни измерений. Для численной характеристики совпадения спектров использовалась также нормированная взаимная корреляционная функция наблюдаемых сигналов.

Прежде всего, обратим внимание на периодограммы и спектры. Выделяются четко два основных периода во всех трех пунктах наблюдения (рисунок). Первый период равен в Апатитах около 51 мин, и близок к 44 мин в Воронеже и Вельске. В Апатитах этот период близок к среднестатистическому значению по другим регионам, а вот в Воронеже и Вельске наблюдается существенное наклонение. Следует обратить внимание на то, что Воронеж и Вельск находятся на одной долготе и их периоды практически равны. Не исключено, что существует зависимость от долготы, но это пока только предположения, которые должны быть проверены дополнительными исследованиями. Не менее четко выделяется и второй период в в Апатитах около 29 мин, и 25 мин в Воронеже и Вельске.

*Спектральный и корреляционный анализ рядов.* В целом спектральный состав  $V_{zz}$  в Воронеже более обогащен высокочастотными составляющими,

что, скорее всего, просто свидетельствует о более частых снятиях отсчетов по прибору в Воронеже, где продолжительность одного измерения составляет в среднем 3 минуты; в то время как в Апатитах, - в среднем каждые 5 минуты. Очевидно, что этот недостаток измерений следует иметь в виду и максимально согласовать моменты снятия отсчетов для пунктов наблюдений при следующем эксперименте.

*Статистическое оценивание рядов.* В полученных значениях данных эксперимента можно условно выделить две компоненты, зависящие от времени: региональную, которая аппроксимирована полиномом второй степени, и локальную. Для проверки значимости измерений, используя локальную компоненту, была вычислена статистика Фишера  $\chi^2$ , которая с высокой вероятностью (около 99 %), показала отличие распределения значений от нормального практически для всех дней наблюдения.

В спокойные дни периодограммы и спектры вариаций в Апатитах, Вельске и Воронеже совпадают между собой с достаточной степенью точности. Следует отметить, что имеются примеры и резкого различия спектрального состава в наблюдаемых вариациях.

Детальный анализ таких различий будет выполнен в ходе дальнейшей статистической обработки всего комплекса наблюдений. Полученные усредненные периоды вариаций вертикального градиента в Воронеже, Вельске и Апатитах совпадают с теоретическими периодами собственных колебаний Земли для некоторых ее моделей [3] и практически наблюдениями собственных колебаний, по данным Калифорнийского университета. Отмеченное согласие периодов непривливых вариаций вертикального градиента и собственных колебаний Земли, возможно, свидетельствует о связи этих двух явлений.

*Заключение.* Рассматривая результаты синхронных измерений неприливных вариаций вертикального градиента силы тяжести в пунктах наблюдений Воронеж, Вельск и Апатиты, можно констатировать, что при общем сходстве вариаций в этих пунктах имеются и существенные различия в наблюдениях. Первоочередной задачей обработки результатов измерений вариаций должно быть выяснение характера и природы таких различий. Для этого необходимо включить в систему синхронных наблюдений еще один пункт существенно южнее г. Воронежа и второй пункт, желательнее расположенный в активной тектонической зоне. Подобные синхронные наблюдения могут иметь большое значение при изучении внутреннего строения Земли

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 03-05-64037 и гранта Э3156 "Интеграция".*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю.В., Слюсарев С.В. Неприливные вариации вертикального градиента силы тяжести и их возможная связь с землетрясениями // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1992. -№ 5. -С. 105-110.
2. Антонов Ю.В., Манаков А.В., Слюсарев С.В. Возможная природа вариаций вертикального градиента силы тяжести // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1996. -№ 1. -С.144-145.
3. Антонов Ю.В., Слюсарев С.В., Чирков В.Н. Результаты синхронных наблюдений за изменением вертикального градиента силы тяжести в Якутии и Воронежском массиве // Вести. Воронеж. ун-та. Сер. геол. - 1996. -Вып.2. -С. 182-186.

