

движения соединения узла лунной орбиты с перигеем Луны происходят ровно через 6 лет. Эта же цикличность проявляется и в колебаниях полюса. Все это говорит о том, что за время эволюции Солнечной Системы скорость суточного вращения Земли и процессы, происходящие на ней, синхронизировались с циклами Солнечной Системы.»

Земля периодически «впадает» в «квазисингулярные» состояния, характеризующиеся уменьшением амплитуды и резким изменением периода колебаний полюса от 270.9 суток в 1927 г. до 628.7 суток в 1961 г.

В «квазисингулярных» состояниях, период которых равен или кратен среднему периоду 6.6 лет, полюс переставал перемещаться по овальным, гладким траекториям, резко менял направление своего движения, его траектория становилась «петлеобразной», ломаной [7]. По нашим данным в эти периоды траектория Чандлеровского колебания резко сокращалась, а длительность цикла увеличивалась. Соответственно скорость отставания земной коры от астеносферы – сокращалась. В соответствии с нашей гипотезой это связано со снижением температуры астеносферы и увеличением её вязкости. Именно изменения температуры астеносферы и формируют, по нашему мнению квантованные геодинамические эпохи, характеризующееся скачкообразными переходами в режиме сейсмичности, климата и других глобальных процессов. Геодезическими измерениями с использованием GPS технологий (перманентных геодезических сетей) подтверждены изменения тенденций геодинамических движений при смене геодинамических эпох.

Формирование задачи. Задачей настоящего исследования является изучение перехода к новой геодинамической эпохе, протекающее в 2010-2011 гг.

Полученные результаты. В результате комплексных исследований после продолжительного периода уменьшения сплюснутости Земли и приближения её к сфероидальной форме «непрогнозируемые» увеличения эффекта сплюснутости зафиксированы в 1998-1999 и в 2009-2011 годах. Увеличения сплюснутости происходили в условиях скачкообразного увеличения угловой скорости вращения Земли в 1998 и в 2010 годах. Климатические изменения текущего периода аналогичны зафиксированным в 1998 г. Судя по заявлениям NASA, в текущем году ожидаются и соответствующие изменения магнитного поля Земли. Наиболее контрастно глобальные изменения проявляются в геодинамике нашей планеты. Наступившая в 2010 году новая геодинамическая эпоха отличается от предыдущих эпох мощным развитием асейсмических геодеформаций, которые в некоторых регионах приобрели характер национальных бедствий. асейсмические геодеформации проявляются провалами, трещинами, явлением дилатансии, провоцирующим резкие изменения уровня грунтовых вод и как следствие катастрофические засухи и наводнения регионального характера.

Выводы.

Формируемые внешними воздействиями изменения во внутренних сферах Земли в настоящее время становятся фактором, определяющим глобальные изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтенко С.П., Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Геодинамика. Основы кинематической геодезии, Одесса, 2007, 240 с.
2. Гладких И.И., Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В., Лісоводський В.В., Формування погодних умов в морських та прибережних районах. – монографія. – Одеса, 2007. - 242 С.
3. Гришаев А.А., Периодическое движение полюсов земли: реальность или иллюзия?, <http://newfiz.narod.ru/odnomer1.htm>
4. Куликов К.А., Изменяемость широт и долгот, М., 1962, 110 с.
5. Михайлов В.И., Капочкина А.Б., Капочкин Б.Б. Взаимодействие в системе «литосфера-гидросфера», Одесса, 2010, 154 с.
6. Михайлов В.И., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В., Современные изменения уровня Черного моря как основа стратегии освоения прибрежий, Одесса, 2010, 165 с.
7. Пономарева О.В., О механизме возмущения периодического движения полюса Земли планетами солнечной системы, http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2007/art20.pdf
8. Сывороткин В.Л., Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы, М., 2002, 250 с.
9. Учитель И.Л., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Геодинамика. Основы динамической геодезии, Одесса, 2008, 311 с.

УДК 631.618:633.2.031

Кунах О.Н., Задорожная Г.А., Жуков А.В. (Украина, Днепропетровск)

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ И 3-D ОПИСАНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Уплотнение почвы может возникать в результате антропогенного воздействия (движение технологического транспорта по поверхности почвы) или естественных причин, как, например, в солонцовых почвах [8]. Уплотнение влияет на физическую структуру, плотность сложения, твердость и аэрацию почвы. Все эти свойства влияют на рост растений [10]. Такие характеристики корневых систем растений, как диаметр, длина и морфология подвержены влиянию уплотнения почвы [3]. Очень важной является задача определения масштабов уплотнения почвы в пределах поля. Полезным инструментом для её решения является пенетрометр,

с помощью которого можно быстро измерить твердость почвы на сравнительно большой территории. Считается, что твердость почвы, измеренная с помощью пенетрометра, отражает то противодействие, которое испытывает корень растения во время роста [5]. Максимальное давление корней на почву находится в диапазоне 0,9–1,3 МПа [9]. По данным других исследователей, рост корней прекращался при сопротивлении 0,8–5 МПа [4]. Таким образом, показания пенетрометра, которые превышают 5 МПа, свидетельствуют об уплотненной почве, которая противодействует росту корней, что влияет на первичную продуктивность растительности [8].

Почва является трехмерным телом, свойства которого могут изменяться в пределах пространственных и временных масштабов в любом направлении [7]. Тем не менее, почвы обычно исследуются только в горизонтальном направлении, и если целью исследования является 3-D характеристика пространственной изменчивости, то она описывается как совокупность горизонтальных слоев для различных глубин. Главный недостаток послойного 2-D представления состоит в том, что может появляться несоответствие между этими слоями, когда они размещаются один над другим [7].

Целью настоящей работы является изучить трехмерную организацию дерново-литогенных почв на лесовидных суглинках по данным о пространственной изменчивости твердости.

Работы проведены на научно-исследовательском стационаре Днепропетровского государственного аграрного университета в г. Орджоникидзе. Экспериментальный участок по изучению оптимальных режимов рекультивации был создан в 1968 – 1970 гг. Отбор проб произведен на варианте техноземов, сформированных лесовидных суглинках (географические координаты юго-западного угла полигона – 47°38'55.24"С.Ш., 34°08'33.30"В.Д.).

Полигон представлен 8 трансектами, каждая из которых состоит из 20 точек отбора проб. Трансекты расположены в направлении с запада на восток с интервалом 1,5 м между соседними трансектами. Точки отбора проб также находятся на расстоянии 1,5 м. Таким образом, экспериментальный полигон представляет собой регулярную сетку с шириной ячейки 1,5 м. Длина большей стороны полигона равна 28,5 м, меньшей – 10,5 м.

Измерения твердости почв производились в полевых условиях с помощью ручного пенетрометра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов составляет $\pm 8\%$. Измерения производились конусом с размером поперечного сечения 1 см². В пределах каждой ячейки показатели твердости почвы регистрировались в однократной повторности. Исследование проведено 22 июня 2010 г.

Статистические расчеты проведены с помощью программы Statistica 7.0, двухмерное картографирование и оценка геостатистических показателей проведено с помощью пакета Surfer 8.0. Для оценки I-статистики Морана использовалась программа GeoDa 0.9.5-i (<http://geodacenter.asu.edu/>).

Для проведения 3-D геостатистического анализа была использована программа S-GeMS (<http://sgems.sourceforge.net/>).

3-D вариограмма была представлена двумя вложенными структурами. Первая анизотропная сферическая вариограмма с наибольшим диапазоном 3,8 м (направлен горизонтально), средним – 2,7 м (направлен горизонтально) и минимальным – 0,4 м (направлен перпендикулярно к первым двум) описывает изменчивость твердости почвы в преимущественно горизонтальном направлении. Вторая анизотропная сферическая вариограмма с наибольшим диапазоном 0,5 м (перпендикулярен к поверхности почвы) и нулевыми средним и минимальными диапазонами описывает изменчивость твердости почвы в вертикальном направлении.

Среднее значение твердости закономерно увеличивается с глубиной. В верхнем 5-сантиметровом слое твердость находится на уровне 5,70 МПа и увеличивается до 6,01 МПа на глубине 30–35 см. На глубине 40–45 см наблюдается локальный минимум твердости со значением 5,68 МПа. На глубине 45–50 см твердость снова увеличивается до уровня 5,94 МПа. Значения твердости в каждом из почвенных горизонтов 0–5, 5–10, 10–15 и 15–20 см статистически достоверно (по *t*-критерию Стьюдента) отличаются от остальных горизонтов. Послойные различия в твердости в толще почвы 25–50 см статистически недостоверны, поэтому в пределах всего исследуемого участка горизонт 25–50 см следует признать как однородный по критерию твердости почвы.

Верхние почвенные горизонты отличаются большим уровнем вариабельности твердости. Коэффициент вариации твердости почвы на глубине 0–5 см составляет 51,65 %, на глубине 5–10 см – 35,81 %, на глубине 10–15 см – 46,70 %, а на глубине 15–20 см – 34,53 %. В почвенной тоще 20–50 см послойный коэффициент вариации находится в пределах 30,01–35,00 %.

Твердость почвы на глубине 0–5 см характеризуется наименьшим значением асимметрии и наибольшим значением эксцесса. Это свидетельствует о явно неоднородном характере распределения этого признака, что также подтверждается достоверным отличием по тесту Колмогорова-Смирнова от нормального закона распределения.

Твердость почвы на глубинах 5–10 и 10–15 см характеризуется наибольшими значениями асимметрии (0,76 и 0,89 соответственно) и позитивным эксцессом (0,34 и 0,26), что отличает характер статистического распределения в этих горизонтах от прочих. Эти распределения не являются нормальными, что подтверждается тестом Колмогорова-Смирнова. Такой характер распределения твердости позволяет предположить наличие действующих факторов, которые приводят к уменьшению твердости. Необходимо отметить, что слой 5–15 см является корнеобитаемым, вероятно с этим связана тенденция к уменьшению твердости.

Наггет-эффект указывает на значимость непространственной компоненты изменчивости признака. Совместный учет частичного порога (пространственной компоненты изменчивости) и наггет-эффекта

позволяет оценить уровень пространственной зависимости (показатель SDL, или пространственное отношение). Этот показатель изменяется от 0 до 100 %. Если пространственное отношение находится в пределах 0–25 %, то речь идет о сильной пространственной зависимости; если пространственное отношение находится в пределах 25–75 %, то в таком случае пространственная зависимость переменной является умеренной; если пространственное отношение превышает 75 %, то переменная рассматривается как слабо пространственно зависимая [8]. Твердость почвы на различных горизонтах является умеренно пространственно зависимой, так как показатель SDL варьирует в пределах от 35,28 до 73,16 %.

Радиус влияния указывает на расстояние, после которого вариограмма перестает увеличиваться. Это расстояние, в пределах которого наблюдается статистически достоверная взаимосвязь между точками пространства по изучаемому признаку. Для глубин 0–5 и 5–10 см радиус влияния составляет 17,64 и 21,00 м. На карте наблюдаются области высокой либо низкой твердости протяженностью, соответствующей этим радиусам влияния. На глубинах от 15 до 35 см радиус влияния существенно уменьшается до значений 4,39–7,35 м. На картах твердости на соответствующих глубинах наблюдаются мозаичные структуры с размерами однородных участков 4–7 м.

На глубинах 40–50 см радиус влияния находится на уровне 22,5–36,6 м, что позволяет в большей степени говорить о пространственном тренде в изменчивости твердости в масштабах изучаемой территории, а не о мозаичной структуре.

Необходимо учесть, что на глубине 15–50 см статистически однородные распределения соответствуют совершенно различным пространственным структурам. На глубине 15–35 см наблюдается мозаичная структура, в которой сочетаются однородные участки с высокой и низкой твердостью. На большей глубине – 35–50 см наблюдается плавная трендовая тенденция изменчивости твердости почвы.

Индекс Морана позволяет оценить степень пространственной зависимости переменной в зоне, заданной матрицей смежности. Соседи в матрице смежности для данной точки были выбраны по правилу «ферзя» – все наиболее близкие к ней точки.

Коэффициент корреляции между радиусом влияния и индексом Морана составил 0,61, что свидетельствует о чувствительности индекса Морана к глобальным трендам в большей степени, чем к локальным взаимодействиям. Коэффициент корреляции индекса Морана с пространственным отношением составляет всего –0,14. Эта закономерность также подчеркивает более узкую чувствительность индекса Морана к пространственным зависимостям.

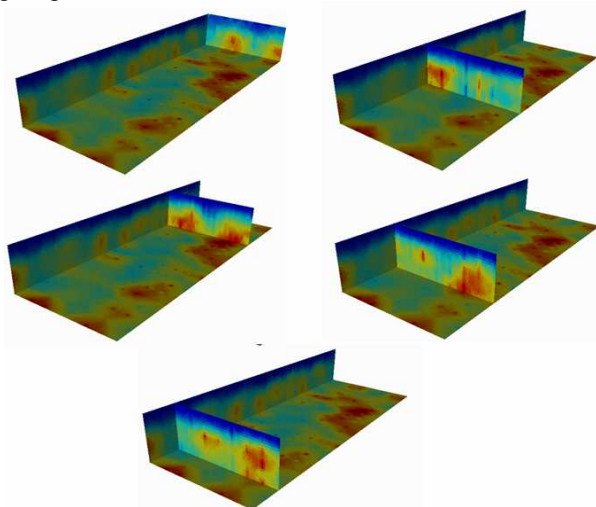


Рис. 1. 3-х мерная карта твердости дерново-литогенной почвы на лесовидных суглинках. Показаны различные положения поперечной плоскости

В результате применения методов 3-х мерной геостатистики может быть построена объемная карта участка почвенной толщи мощностью 50 см (рис. 1). Отображение трехмерного объекта в двумерное пространство (лист бумаги либо монитор компьютера) может быть сделано с помощью одновременного представления проекций объекта в трех плоскостях. На рисунке 1 показаны базальная плоскость, которая представляет собой двумерную карту изменчивости твердости почвы на глубине 50 см и две боковых плоскости. Программа S-GeMS предоставляет возможность изменять положение плоскости среза, что даёт возможность понять трехмерную структуру объекта. На рисунке 1 показаны различные положения одной из боковых плоскостей.

Анализ карты свидетельствует о наличии закономерного градиента увеличения твердости почвы от верхних слоев почвы к нижним. Это является естественным следствием влияния массы вышележащих почвенных слоев на нижележащие, вследствие чего происходит уплотнение почвы с нарастанием глубины.

Однако в разных участках этот процесс происходит с разной интенсивностью, вследствие чего формируются участки с повышенной твердостью, которые имеют конфигурацию глыб с размером в горизонтальном направлении 2,5–4 м.

Эти глыбы расположены в почвенном материале меньшей твердости. Трехмерный анализ позволяет установить, что многие глыбы имеют основания, расширяющиеся по направлению вниз. Некоторые из твердых тел имеют округлую форму с уменьшающимся вниз основанием. Очевидно, что воздействие вышележащих слоев почвы является не единственным фактором, который определяет твердость почвы.

Расположение почвенных образований с повышенной твердостью создает предпосылки для пестроты экологических условий существования растений.

Регулярный характер расположения почвенных тел с увеличенной твердостью в среде с меньшей твердостью позволяет обратить внимание на другие эффекты, связанные с твердостью, помимо широко известных (аэрация, водный обмен, противодействие росту растений). Речь идет о геоморфологической

устойчивости почвенного покрова. Почвенные тела с широким основанием могут рассматриваться как факторы оползневой и эрозионной стабильности. Такие формы выполняют армирующую роль в механической организации почвенного покрова. Образования с уменьшающимся основанием («шарообразной» формы) в менее твердом субстрате могут приводить к нарушению стабильности почвенного покрова. Вероятность изменения геометрии почвенной поверхности и перемещения почвенной массы очень увеличивается при наличии неустойчивых почвенных тел в менее твердой почвенной массе. Компоненты почвы с различной твердостью обладают различными физико-механическими свойствами. Они по-разному изменяются при набухании, усадке либо расширении. Поэтому динамичность твердого образования, которое не имеет устойчивого основания в менее твердой почвенной массе, может приводить к подвижности почвенного покрова в целом. В горизонтальных позициях эта динамичность проявляет себя в изменении формы поверхности почвы, она становится волнистой. На выраженных геоморфологических склонах может увеличиваться скорость горизонтального смещения почвенного покрова и также наблюдаться волнообразное искривление поверхности почвы.

Участки с повышенной твердостью почвы могут рассматриваться как эдафогенные аридускулы, а участки с меньшей твердостью – как эдафогенные потускулы [1]. По Г. Н. Высоцкому [2] потускулами являются такие участки почвенного покрова, которые усиленно промачиваются водой в сравнении с окружающими участками. В противоположность потускулам встречаются местообитания, которые не только не получают дополнительного питания, но, наоборот, часть выпадающих осадков стекает или сносится в соседние местообитания [1].

По своему генезису потускулы и аридускулы могут быть геоморфогенными, эдафогенными, фитогенными и комбинированными [1]. При формировании структуры почвенного покрова как комбинации участков с повышенной и пониженной твердостью создаются предпосылки для аридускулярно-потускулярной мозаичности эдафогенного генезиса.

Изменения формы почвенного микрорельефа вследствие закономерных различий твердости приводят к усилению контрастности перераспределения влаги между микростациями, что создает условия для геоморфогенного образования потускулов и аридускулов. Таким образом, потускулярно-аридускулярная мозаичная структура покрова дерново-литогенных почв на лесовидных суглинках имеет геоморфогенно-эдафогенную природу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
2. Высоцкий Г. Н. Избранные сочинения / Г. Н. Высоцкий. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – 730 с.
3. Atwell B. J. The effect of compaction on wheat during early tillering: I. growth, development and root structure / B. J. Atwell // *New Phytology*. – 1990. – Vol. 115. P. 29–35.
4. Bathke G. R. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat / G. R. Bathke, D. K. Cassel, W. L. Hargrove, P. M. Porter // *Soil Science*. – 1992. – Vol. 154. – P. 316–328.
5. Bengough A. G. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses / A. G. Bengough, C. E. Mullins // *Journal Soil Science*. – 1990. – Vol. 41. – P. 341–358.
6. Cambardella C. A. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / C. A. Cambardella, T. B. Moorman, J. M. Novak, Parkin, et al. // *Soil Science Soc. Am.* – 1994. – Vol. 58. – P. 1501–1511.
7. Castrignano A. 3D spatial variation of the soil impedance as affected by soil tillage / A. Castrignano, D. De Giorgio, F. Fornaro, A. V. Vonella // *Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane*. – 2004 – Paper No. 744. – P. 1–5.
8. Faechner T. Prediction of Yield Response to Soil Remediation / T. Faechner, M. J. Pyrcz, C. V. Deutsch // *Geoderma*. – 2000. – Vol. 97. P. 21–38.
9. Misra R. K. Penetration of soil aggregates of finite size: plant roots / R. K. Misra, A. R. Dexter, A. M. Alston // *Plant Soil*. – 1986. – Vol. 95. – P. 59–85.
10. Panayiotopoulos K. P. Compaction and penetration resistance of an alfisol and entisol and their influence on root growth of maize seedlings / K. P. Panayiotopoulos, C. P. Papadopoulou, A. Hatjiioannidou // *Soil Tillage Research* – 1994. – Vol. 31. – P. 323–337.

УДК 504.064

**Непошивайленко Н.О., Зберовський О.В., Карпенко О.О., Галата А.В.,
Клименко Т.К. (Україна, Дніпродзержинськ)**

МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У М. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Проблема забруднення навколишнього середовища характерна для більшості промислових центрів України, де проживають до 50% усього населення країни. У зв'язку з цим важливим завданням є подальше вивчення причин, факторів і наслідків забруднення навколишнього середовища, узагальнення й аналіз даних спостережень з використанням новітніх інформаційних систем і технологій. Саме геоінформаційні системи