

УДК 631.43

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧИЯХ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ И ИСТОРИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2013 Ф.Н. Лисецкий, О.А. Маринина, М.Е. Родионова

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Поступила в редакцию 18.04.2013

Представлены результаты изучения долговременных изменений структурно-агрегатного состава почв лесостепи и степи под влиянием различных режимов землепользования. Установлено, что у старопахотных почв наряду с проявлением процессов деградации могут формироваться равновесные уровни, которые соответствуют новым режимам настройки структурно-функциональной организации пахотного горизонта.

Ключевые слова: почвенная структура, водопрочность агрегатов, коэффициент структурности, земледелие, залежь, агрогенные изменения почв, лесостепь, степь

При сельскохозяйственном использовании земель многообразные процессы почвообразования (профильные, физико-химические, биологические) зависят как от интенсивности, так и от длительности агрогенно обусловленных воздействий. Почвенная структура отражает взаимоотношения всех четырех фаз почвы и в силу этого обладает хорошо выраженной интегративной информативностью, раскрывающей становление твердого каркаса почвенного тела в процессе его природно-антропогенной эволюции. Однако в отличие от ряда необратимых горизонтобразующих процессов (формирование карбонатного профиля, перераспределение ила и др.) для эволюции структурно-агрегатного состава почвы свойственны не только направленность, но и ритмичность. Почва, как и любая самоорганизующаяся природная система, через колебательные процессы и смену состояний проходит более общую стадийность необратимого развития, включающего как генерацию, становление, так и деструкцию [6].

Цель работы: выявить закономерности изменения состава структурных элементов и их водопрочности в агрогенных рядах почв лесостепи и степи.

Объекты и методы. Изменение структурного состояния почв под влиянием различных режимов землепользования изучали на четырех полигонах.

Лисецкий Федор Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра. E-mail: liset@bsu.edu.ru

Маринина Ольга Андреевна, младший научный сотрудник. E-mail: marinina@bsu.edu.ru

Родионова Мария Евгеньевна, кандидат географических наук, младший научный сотрудник. E-mail: rodionova@bsu.edu.ru

1. Хотмыжский. Белгородская область РФ. Первоначальный этап аграрного освоения территории связан с периодом формирования земледельческой зоны вокруг древнерусского города Хотмысл в VIII-XII вв. Фоновые почвы – черноземы оподзоленные и серые лесные почвы. В качестве эталона привлечены данные о темносерой лесной среднеоподзоленной почве под коренным лесом (липо-дубняком 250-300-летнего семенного происхождения) на заповедном участке «Лес на Ворскле» ГПЗ «Белогорье».

2. Вейделевский. Белгородская область РФ. Масштабная распашка земель произошла 160-170 лет назад. Фоновые почвы – черноземы обыкновенные. Помимо целинного степного участка (ботанический заказник ур. «Гнилое») изучены почвы под искусственными лесонасаждениями возрастом около 100 лет [9].

3. Ольвийский. Николаевская область Украины. Начало аграрного освоения земель связано с периодом греческой колонизации (VI в. до н.э. – IV в. н.э.). Фоновые почвы – темно-каштановые. В качестве дополнительного эталона к целинным почвам этого полигона использован почвенный образец из гор. А (9-28 см) участка «Старый» биосферного заповедника «Аскания Нова» (Херсонская обл. Украины).

4. Тарханкутский. Республика Крым, Украина. Впервые земли были вовлечены в обработку в начале IV в. до н.э., повторно – 150-165 лет назад. Фоновые почвы – черноземы карбонатные щелбнистые и дерново-карбонатные почвы.

Основной метод исследования – метод агрогенных рядов почв, эталоном для которых определен ненарушенный слой (0-15 см) почвы в условиях целины или под коренным лесом. Другие члены агрогенных рядов нами подбирались на небольшом удалении от эталона, чтобы

добиться однородности природных условий. В ряду антропогенных изменений структурного состояния почв изучены пахотные на протяжении 150-170 лет, старопахотные почвы, новые залежные в пределах текущего периода освоения и старозалежные (они обрабатывались на прежних этапах землепользования). Во всех случаях на современной пашне применялась отвальная обработка на глубину 20-22 см под полевые культуры.

Из комплекса дополняющих методик агрофизических исследований [1, 2 и др.] в данной работе использованы оценки оптимального состава в почвах структурных элементов и их водопрочности. Для изучения почвенной структуры проводили фракционирование почвы в воздушно-сухом состоянии на приборе «Установка лабораторная для определения фракционного состава. Модель 029» в течение 30 с в колонке сит с ячейками от 0,05 до 10 мм. По результатам сухого просеивания определяли коэффициент структурности (K_C) в следующей модификации: $K_C = A/B$, где A – сумма структурных отдельностей от 1 до 7 мм, %; B – сумма отдельностей < 1 мм и > 7 мм, %. Определение водопрочности агрегатов проводили на приборе И.М. Бакшеева. Используя результаты этого анализа, рассчитывали средний (взвешенный по массе) диаметр водопрочных агрегатов (d , мм). Это более комплексный показатель, чем оценка водостойкости макроструктуры по сумме агрегатов > 0,25 мм, используя семь градаций.

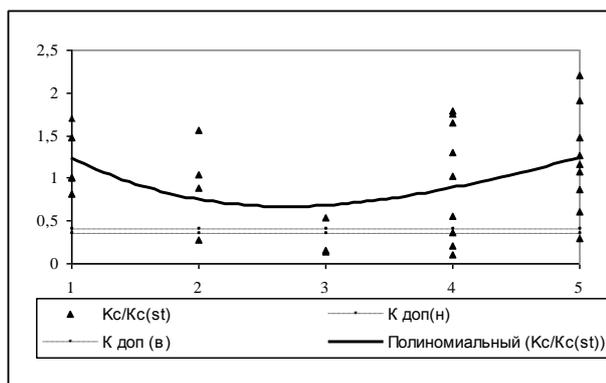
Результаты и их обсуждение. Величины агрофизических параметров и содержание гумуса в агрогенных рядах почв (рис. 1) были нормированы относительно эталона (standard). Традиционно в качестве эталона принимают соответствующие значения параметров для условий, когда земли находятся в состоянии целины или долговременно под лесом. Однако ряд агрофизических свойств почвы меняется в ходе природной и агрогенной эволюции почв не односторонне. Поэтому оптимальные значения агрофизических показателей в некоторых случаях определены по устойчивой закономерности максимальных значений, которые были обнаружены в определенной группе почв агрогенного ряда.

Эволюционные изменения твердого вещества почвы на внутригоризонтном уровне пространственной организации хорошо выявляются при специальной группировке структурных элементов по размерам. Мелкокомковатая и зернистая структуры размером от 1 до 7 мм в наибольшей мере отвечают агрономическим требованиям. Пылевато-порошистый вид структурных отдельностей размером от 0,25 до 1 мм может рассматриваться как ближайший резерв структурообразования. А оставшаяся часть – пылеватая (менее 0,25 мм) и комковато-глыбистая

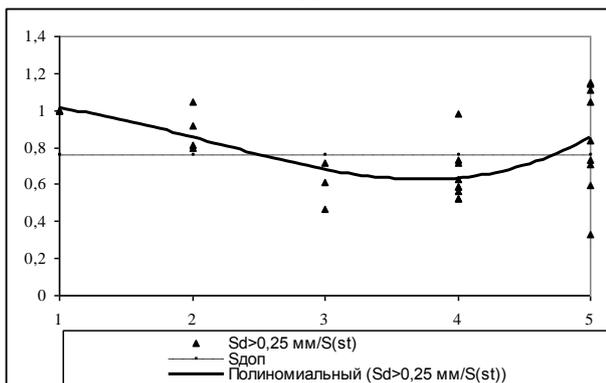
(более 7 мм), хотя во многом и определяет неблагоприятные агрофизические свойства, но при широком сопоставлении почв довольно полигенетична. Оптимальная по размерам и виду почвенная структура как бы цементирует почвенную массу, придавая ей устойчивость; одновременно она обеспечивает межагрегатную порозность, облегчая аэрогидрологический обмен между почвой и приземным слоем атмосферы, а также способствуя формированию более мощного корнеобитаемого слоя [5].

Эволюция структурного состояния почв происходит в результате направленного изменения процессов, влияющих на структурообразование: накопление гумуса, выщелачивание карбонатов кальция, изменение минералогического состава почвы и др., которые приобретают временную определенность через периодически повторяющиеся циклы фрагментации (набухание и усадка глинистых минералов под влиянием сезонных и внутрисезонных смен процессов увлажнения-высыхания, промораживания-оттаивания, изменение биопористости в результате сезонной смены фитоценозов на пашне, обработки почв). Контролирующим параметром этих изменений может выступать коэффициент структурности. Если значения коэффициента структурности ($K_{СТР}$) достигают 1,5-2,0 и выше, структура оценивается как хорошая, около 1,0 (от 1,5 до 0,6-0,7) – удовлетворительная, меньше 0,6 – плохая [10]. Другое предложение по качественной оценке структуры [12] устанавливает такие диапазоны по $K_{СТР}$: >1,5 – отличное агрегатное состояние, 1,5-0,67 – хорошее, <0,67 – неудовлетворительное. Следует заметить, что при расчете K_C от 1 до 7 мм, т.е. в более узком диапазоне, чем 0,25-10 мм, для которого представлены вышеуказанные градации, диапазоны будут иными. Поэтому для модифицированной нами формулы расчетов качественную оценку структуры следует устанавливать по таким диапазонам K_C : >0,65 – отличное агрегатное состояние, 0,65-0,40 – хорошее, <0,40 – неудовлетворительное.

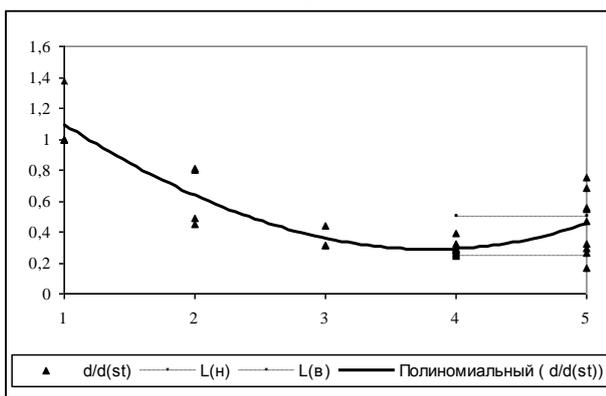
У пахотных почв текущего этапа использования, и у старопахотных почв при близких средних значениях K_C (0,78 и 0,72 соответственно) можно выделить широкий размах величин: от 0,4 до 1,2, который характеризует диапазон технологического воздействия на почвы современных средств механической обработки почвы. Однако при этом диапазоне структура почв оценивается преимущественно как удовлетворительная. При маркировании критической зоны перехода от удовлетворительной до плохой почвенной структуры (рис. 1, С) видно, что отдельные почвенные объекты, которые можно отнести к деградированным, есть и среди пахотных почв, и среди залежей, не успевших восстановить структурное состояние до приемлемого уровня.



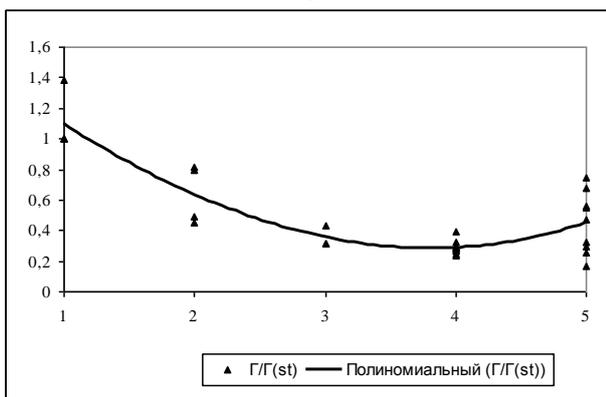
A



B



C



D

Рис. 1. Относительные (по отношению к эталону (st)) изменения агрофизических параметров почв (А, В, С) и содержания гумуса (D) в агрогенных рядах: 1 – целина (лес); 2 – старозалежные почвы; 3 – новые залежи; 4 – пахотные почвы текущего этапа освоения; 5 – старопашотные почвы

Длительность механической обработки почвы влияет на тип доминирующих структурных элементов: в отличие от новоосвоенных в старопашотных почвах элементы размером 2-7 мм имеют хорошо выраженные грани и ребра, т.е. зернистый, крупнозернистый и мелкоореховатый вид структуры. Из всех фракций наиболее уязвима при агрофизической деградации фракция размером от 2 до 3 мм.

В условиях степной зоны помимо оценки предрасположенности почв к поверхностному смыву необходимо также определение риска проявления дефляционных процессов. Сумма фракций, которые считаются наиболее подверженными переносу ветром, – менее 1 мм [14], составляет у целинных и пахотных темно-каштановых почв (Ольвийский полигон) 28% и 37-40% всей почвенной массы соответственно, а у карбонатных черноземов (Тарханкутский полигон) 72-78% и 87-97% соответственно.

Результат агрофизической деструктуризации (деагрегации) [5] фиксируется по уменьшению в 1,6-2,0 раза массы агрегатов размером 1-7 мм в слое 0-20 см пахотных и старопашотных почв по сравнению с аналогичным слоем целинных и залежных почв. Примечательно, что доля агрономически ценной части в залежных почвах при сопоставлении с целинными почвами превышает этот показатель на ту величину, которая сократилась в содержании микроагрегатов и резерве структурообразования (элементах от 0,25 до 1 мм). Высокому уровню микроагрегированности залежных почв способствовал период обработки, в результате которой происходит более интенсивное воспроизводство лабильных фракций гумусовых веществ и увеличивается агрегирующая эффективность гумуса [4]. Таким образом, при выведении пахотной почвы под залежь в нее оказывается вложенным профиль молодой почвы и начинается реализация цикла воспроизводства макроструктуры, что в совокупности с приобретенной спецификой в период обработки и объясняет вышеуказанные ее различия с целиной.

Наиболее отчетливо диагностирует процессы деградации-восстановления структуры группа фракций в диапазоне 2-7 мм. Их доля снижается от 38 в целинных и 46 в залежных до 20-22 % в пахотных и старопашотных почвах степной зоны. Еще более резко эта закономерность проявляется в условиях лесостепи: если под восстановленным лесом доля структурных отделностей составляет 56-61 %, под залежью – 35-49%, то в пахотных и старопашотных почвах она снижается до 20-28 %. Примечательно, что доля агрономически ценной части в залежных почвах превышает этот показатель в целинных

на ту величину, которая сократилась в содержании микроагрегатов и резерве структурообразования (элементах от 0,25 до 1 мм). В темно-каштановых целинных и залежных почвах доминируют зернистая и крупнозернистая формы структурных отдельностей, причем в режиме залежи их доля увеличена на 7% [7]. Очевидно, только высокая биологическая активность и насыщенность почвы корнями под естественной растительностью может определять лидерство фракции от 3 до 5 мм в почвах под целиной и залежью.

У черноземов лесостепи, особенно под лесом, основным фактором структурообразования является высокая активность биотурбаций при высоком содержании органического вещества (ОВ) почвы: у почвы заповедного участка «Лес на Ворскле» 6,1%, у лесной почвы полигона «Вейделевский» – 12,8%. Установлено, что вклад органического С в агрегатную стабильность достигает 48% [16]. Однако в лесостепной зоне при наибольшей продолжительности обработки верхний горизонт почв помимо дегумификации подвержен элювиированию и обеднен оксидами кальция, калия и др. При этом залежный режим в течение 80 лет полностью не восстанавливает микроэлементный баланс [11].

В степной зоне формирование структуры у целинных почв определяется двумя доминирующими факторами: большой концентрацией корневой массы (расчетное значение (в сухом веществе) для слоя 0-0,2 м составляет от 7,4 кг/м³ (под ковыльно-типчакковой ассоциацией) до 11,7 кг/м³ (под типчакково-ковыльной ассоциацией) [8]) и активностью переработки почвенной структуры дождевыми червями: средняя доля копролитов (по массе структурных отдельностей) составляет в почве «Аскании Нова» 26% при их концентрации во фракциях от 1 до 7 мм, где биогенность структуры колеблется от 35 до 61%.

Такой агрофизический показатель как средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов в определяющей степени характеризует противозерозионную устойчивость почв при гидромеханических подходах к моделированию водно-эрозионного процесса и, соответственно, влияет на величины допустимых эрозионных потерь почвы [13]. В этой связи наиболее часто используемые критерии для обоснования допустимых пределов эрозии: мощность почвы и скорость почвообразования [15] целесообразно дополнить показателями агрофизических и физико-химических свойств, наиболее тесно связанных с плодородием почвы и защитными функциями почвенного покрова. При анализе изменения суммы водопрочных агрегатов почв при

различных типах землепользования можно установить эмпирически обоснованный нижний предел оптимального значения этого показателя (допустимое снижение до 24 относительных % от уровня эталона – см. рис.1 А. линия Sp). Хотя ряд почвенных объектов можно отнести по указанному критерию к классу деградированных, но и у пахотных почв текущего этапа использования и, особенно, у старопахотных почв, есть примеры повышения водоустойчивости почвенной структуры. Объяснением этого, видимо, является стабилизация, и даже некоторое относительное увеличение количества ОВ (рис.1 D), но также перестройка его качественного состава и существенная роль фульвокислотной фракции лабильной части гумуса при длительном агрогенезе [1].

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов уменьшается уже через 100-150 лет обработки почв в 2-3 раза и при дальнейшем использовании (до 700 лет) стабилизируется на уровне 0,50-0,75 мм [4]. Это позволило предположить наличие у пахотных почв устойчивого зонального уровня противозерозионной устойчивости. В нашем исследовании под влиянием разных по длительности земледельческих нагрузок противозерозионная устойчивость почвенной структуры существенно снижается, но при этом формируется зона определенной стабилизации средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов: $d/dst=0,24-0,50$ (рис.1 B).

Выводы: развитие почвенной структуры, находящейся в неравновесном состоянии в результате агрогенных воздействий, осуществляется ритмично через становление и деструкцию и проходит взаимосвязано на макро- и микроуровнях. Результаты проявления агрогенеза в структурно-агрегатном состоянии почв отражаются, прежде всего, на подчиненном иерархическом уровне структурной организации [3]. Этот принцип из-за своей универсальности целесообразно использовать для обоснования упорядоченной системы индикаторов при мониторинге агрофизического состояния почв в агроландшафтах. Так как пахотные почвы отличаются высокой степенью микроагрегированности, можно предположить более сложные механизмы агрегирования, в которых участвует не только ОВ. Современные пахотные почвы, которые в предыстории имели длительный период земледельческого использования (70-280 лет), при значительном варьировании почвенных характеристик формируют новый, более высокий уровень агрофизического и гумусного состояния. Следовательно, при увеличении длительности земледельческого использования почв их деградация не является процессом предуготовленным

и ускоряющимся. При агрогенно обусловленной эволюции почв могут формироваться равновесные уровни, соответствующие новым режимам настройки структурно-функциональной организации пахотного горизонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Булыгин, С.Ю. Микроагрегированность как показатель противозерозионной стойкости почв / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Почвоведение. 1991. №12. С. 98-104.
2. Булыгин, С.Ю. Оценка агрегированности почв степной зоны УССР / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Бюллетень Почвенного института ВАСХ-НИИ. 1989. Вып. 51. С. 74-75.
3. Булыгин, С.Ю. Принципы оценки агрегатного состава почвы для целей управления и мониторинга / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Аграрная наука. 1993. №5. С. 47.
4. Булыгин, С.Ю. Формирование агрегатного состава почв и оценка его изменения / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Почвоведение. 1996. №6. С. 783-788.
5. Крупеников, И.А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения. – Chişinău: Pontos, 2008. 288 с.
6. Круть, И.В. Введение в общую теорию Земли. Уровни организации геосистем. – М.: Мысль, 1978. 367 с.
7. Лисецкий, Ф.Н. Агрогенная трансформация почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования // Почвоведение. 2008. №8. С. 913-927.
8. Лисецкий, Ф.Н. Периодизация антропогенно обусловленной эволюции степных экосистем // Экология. 1992. №5. С. 17-25.
9. Маринина, О.А. Обоснование диагностических признаков почвенного плодородия при проведении кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5; URL: www.science-education.ru/105-6996 (дата обращения: 01.04.2013).
10. Медведев, В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Харьков: Изд. «13 типография». 2008. 406 с.
11. Родионова, М.Е. Особенности изменения валового химического состава лесостепных и степных почв в результате их агрогенных трансформаций // Фундаментальные исследования. 2012. № 3 (часть 2). С. 333-338.
12. Шейн, Е.В. Агрофизика / Е.В. Шейн, В.М. Гончаров. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 400 с.
13. Штомпель, Ю.А. Предельно допустимый уровень эрозии бурых лесных почв Северо-Западного Кавказа в условиях интенсивного земледелия / Ю.А. Штомпель, Ф.Н. Лисецкий, Ю.П. Сухановский, А.В. Стрельникова // Почвоведение. 1998. № 2. С. 200-206.
14. Dormaar, J.F. Quality and value of wind-movable aggregates in chernozemic Ap horizons // Canad. J. Soil Sc. 1987. V. 67, No 3. P. 601-607.
15. Li, Lan. The present situation and some thoughts of soil loss tolerance study / Lan Li, Zhonghao Zhou, Gangcai Liu // Advances in Earth Science. 2005. V. 20(10). P. 1127-1134.
16. Pierson, F.B. Aggregate stability in the palouse region of Washington: Effect of landscape position / F.B. Pierson, D.J. Mulla // Soil Science Society of America Journal. 1990. V. 54. No5. P. 1407-1412.

CHANGE OF SOILS STRUCTURAL STATE AT DISTINCTIONS IN SOIL CLIMATIC CONDITIONS AND LAND USE HISTORY

© 2013 F.N. Lisetskiy, O.A. Marinina, M.E. Rodionova

Belgorod State National Research University

Results of studying the long-term changes of soils structural-aggregate state of forest-steppe and steppe under the influence of various regimes of land use are presented. It is established that at old arable soils along with appearance of degradation processes the equilibrium levels which correspond to new regimes of control the structurally functional organization of arable horizon can be formed.

Key words: *soil state, water durability of units, structural coefficient, agriculture, fallow lands, agrogene changes of soils, forest-steppe, steppe*

Fyodor Lisetskiy, Doctor of Geography, Professor at the Department of Environmental Management and Land Registry. E-mail: liset@bsu.edu.ru
Olga Marinina, Minor Research Fellow. E-mail: marinina@bsu.edu.ru
Maria Rodionova, Candidate of Geography, Minor Research Fellow.
E-mail: rodionova@bsu.edu.ru