

ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ СКЛОНОВ (НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДРЕВНОСТИ)

Лисецкий Ф. Н., Половинко В. В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия (308015, г. Белгород, ул. Победы, 85), e-mail: liset@bsu.edu.ru

Для агроэкологической дифференциации склоновых ландшафтов необходима количественная оценка экспозиционных различий увлажнения почв. В качестве натуральных моделей склоновых ландшафтов могут быть использованы такие земляные сооружения, как курганы и оборонительные валы. Изучены особенности распределения влажности почв и запасов влаги (по глубинам и склоновым местоположениям) на разноэкспонированных склонах вала возрастом 360 лет и кургана возрастом 3000 лет, полярные склоны которых находятся на небольшом линейном удалении друг от друга. Результаты исследования топокатен земляного вала показали, что статистически доказуемые различия запасов влаги в слое почвы 40 см между вершиной и северным склоном, северным склоном и южным склоном составляют 17–18 мм. Поправочные коэффициенты, рассчитанные по средней влажности в слое 0–60 см, составляют 1,24 (северный склон) и 1,07 (южный склон), а поправочные коэффициенты, рассчитанные по запасам почвенной влаги в слое 0–40 см, составляют 1,22 (северный склон) и 0,99 (южный склон). При резких переходах от склонов к равнине, как это наблюдается у курганов, микроклиматические зоны подножий наиболее контрастны по запасам почвенной влаги в слое 0–40 см: их в 1,3 раза больше в микроне северной ориентации по сравнению с южной.

Ключевые слова: микросклоны, экспозиция склонов, запасы влаги, курганы, оборонительные валы.

ESTIMATION OF HETEROGENEITY OF HUMIDIFYING OF SLOPES (ON THE BASIS OF STUDYING OF EARTHEN CONSTRUCTIONS OF THE ANTIQUITY)

Lisetskii F. N., Polovinko V. V.

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia (Pobeda 85, Belgorod, 308015), e-mail: liset@bsu.edu.ru

The quantitative estimation of exposition distinctions of humidifying of soils is necessary for agroecological differentiation slope landscapes. Such earthen constructions as barrows and defensive shaft of landscapes can be used as natural models of slopes. Features of distribution of humidity of soils and moisture stocks (on depths and slope sites) on slopes of a shaft different in an exposition of a shaft age of 360 years and a barrow age of 3000 years which polar slopes are on small linear removal from each other have been studied. Results of research topocatenas an earthen shaft have shown, that statistically demonstrable distinctions of stocks of a moisture in a layer of earth of 40 cm between top and northern slope, northern slope and a southern slope make 17-18 mm. Correction factors which are calculated on average humidity in a layer of 0-60 cm, make 1,24 (northern slope) and 1,07 (a southern slope), and correction factors which are calculated on stocks of a soil moisture in a layer of 0-40 cm, make 1,22 (northern slope) and 0,99 (a southern slope). At sharp transitions from slopes to plain as it is observed at barrows, microclimatic zones of feet are most contrast on stocks of a soil moisture in a layer of 0-40 cm - them in 1,3 times more in a habitats of northern orientation in comparison with southern.

Key words: microslopes, an exposition of slopes, moisture stocks, barrows, defensive shaft.

Разработка ландшафтно-экологических, адаптивных систем земледелия потребовала не только картографического представления территории на внутриландшафтном (топологическом) уровне ее дифференциации, но и количественной оценки микроне зональных особенностей склоновых агроландшафтов. Особенно это актуально для оценки влагообеспеченности склонов, где неблагоприятные для продуктивности агроклиматические условия конкретного года специфическим образом преломляются через пространственную неоднородность эдафических условий. Склоны полярных экспозиций (север-юг) существенно различаются по коли-

честву поступающей солнечной радиации, запасам влаги и снега, поверхностному стоку и смыву почвы, температурному, водному и питательному режимам. Поэтому изначально (до начала распашки земель) почвы на отдельных ландшафтных позициях имели отличия в мощности как всего профиля, так и конкретных генетических горизонтов.

При анализе предрасположенности каждого из почвенных профилей, расположенных на склоне, к воздействию водно-эрозионного процесса может быть использован расчет средне-взвешенного скользящего значения рельефной функции, обычно учитывающей длину и крутизну склона, а для выявления различий почвообразовательного потенциала – оценку склоновой дифференциации условий тепло- и влагообеспеченности расчетным методом [6]. Микроклиматические условия имеют существенное влияние на агроэкологию склонов, но они в расчетных формулах чаще всего не отражаются, т. к. трудно поддаются формализации [10]. Поэтому изучение в реальных условиях особенностей функционирования почв, расположенных в пределах склоновых микрозон, и количественная оценка выявленных различий представляется актуальной задачей.

Объекты исследования

Позиционно-динамическая последовательность почвенных разновидностей, сформировавшихся, как правило, на одних и тех же материнских породах, но при различиях высотного уровня, уклона рельефа и неодинаковых характеристиках стока воды, называется катеной. Склоновая дифференциация поверхностного стока (при сходных инфильтрационных свойствах почв) определяет различия в глубинах затухания процесса ассимиляции подгумусовых горизонтов и представляет одну из причин закономерного изменения морфологии почвенных профилей на топокатене. В последнее время понятие катена стало более широким: почвенно-гидрологический и ландшафтно-геохимический аспекты термина дополнены почвенно-эволюционным содержанием. Этому способствовало появление результатов изучения топокатен на датированных объектах, включая рукотворные. Справедливо отмечено [2], что до последнего времени при почвенно-археологических исследованиях памятников, включая курганы, основное внимание уделялось изучению погребенных педохронорядов и в гораздо меньшей степени – дневных.

Курганы представляют собой локальные геокомплексы с фациями куполовидной вершины с ксероморфной растительностью, разноэкспонированных склонов и рва с мезофитной растительностью. На больших курганах, порой имеющих высоту до 19 м, сформировались ландшафтные микрозоны с вертикальной дифференциацией растительности [9] и почв. Земляные валы чаще всего уступают курганам по высоте, а соответственно и по длине катен, но на ва-

лах легче перейти от уникальности объектов к их типичности. Изучение почвенного покрова и катенарных различий почвенных свойств на оборонительных валах античного времени было предпринято ранее [5].

При выявлении экологических различий разноэкспонированных склонов, особенно в условиях агроландшафта, трудно соблюсти принцип единственного различия (из-за их удаленности, особенностей рельефа и почвенного покрова, включая его эродированность). Этим объясняется выбор объектов данного исследования – датированных земляных сооружений, полярные склоны которых находятся на небольшом линейном удалении друг от друга. Такие земляные насыпи, как курганы и валы, можно рассматривать в качестве натуральных моделей склоновых ландшафтов.

В настоящей работе представлены результаты изучения разноэкспонированных склонов вала возрастом 360 лет и кургана возрастом 3000 лет. Дополнительный аргумент в пользу выбора антропогенных земляных сооружений древности для сравнительного анализа разноэкспонированных склонов обусловлен тем, что первоначально их отсыпали смесью гумусовых горизонтов почвы и, таким образом, их можно рассматривать в качестве моделей с идентичными по свойствам субстрата стартовыми условиями почвообразования.

Земляной вал представляет собой часть «Белгородской засечной черты» общей длиной почти 800 км. Изучали хорошо сохранившийся фрагмент оборонительной системы (городок и прилегающий к нему вал), который находится в 1 км от х. Бриллиантов, у трассы Белгород-Томаровка (рис. 1, 2). Этот участок вала соединял города-крепости Белгородской черты – Карпов и Болхолец, выстроенные в 1646 г.



Рис. 1. Топографическая карта 1955 г.



Рис. 2. Космоснимок района исследования (стрелками указано местоположение земляного вала)

Оборонительный вал был отсыпан на приводораздельном плато с абсолютными высотами 190–200 м. Фоновая почва – чернозем типичный мощный слабогумусированный высококов-

скипающий среднесуглинистый. Трансект, заложенный через систему «вал-ров», т.е. с СВ на ЮЗ, позволил получить следующие морфометрические характеристики оборонительного сооружения: общая длина поперечного сечения вала со рвом – 17,8 м, ширина вала по основанию – 8,5 м, относительная высота вала над уровнем тальвега рва – 3 м. Средняя крутизна южного микросклона (длиной 9,4 м) от гребня до днища рва – 17,6° (31 %). Почвообразующей породой является насыпной субстрат, состоящий из почвенного материала, перемешанного с лессовидным суглинком. Степень участия последнего выше в зоне «ядра» вала. Очевидно, что весь период педотопокатена находилась под воздействием степных условий. Ныне здесь доминирует разнотравно-злаковая растительность (полынно-шалфейно-ковыльная ассоциация) с возрастающей мезофитизацией фитоценозов в нижней части склонов. Мощность новообразованного гумусового горизонта меняется по склону от 10 до 35 см. Второй объект исследования – типичный курган, который находится в 1,5 км от с. Цаповка Борисовского р-на Белгородской области. Он расположен на водоразделе с высотами 230–240 м, диаметр насыпи составляет около 30 м, ее относительная высота – 4 м, на турбированной вершине кургана еще недавно находился пункт триангуляции. Курган задернован злаково-разнотравной растительностью и незначительно различается по количеству видов флоры (6–7) на вершине и склонах. Средняя крутизна склонов кургана – 12,2° (21 %). В 32 м от этого кургана, в пределах пашни находится низкий (1,2 м) курган, на вершине которого зафиксирована мощность гор. А и АВ=25 и 24 см, что позволило почвенно-хронологическим методом датировать время его сооружения – 3000 лет назад. Этим же временем (эпохой бронзы) можно гипотетично датировать большой курган и почвы на его склонах, предполагая синхронность сооружения курганов в пределах одного могильника.

Методика

По результатам теодолитной съемки построен поперечный профиль вала (рис. 3) и трехмерная модель кургана (рис. 4). Координаты объектов исследования по GPS-приемнику: 50°39'52" с. ш., 36° 23'6" в. д. (вал), 50°28'13" с. ш., 35°58'59" в. д. (курган)).

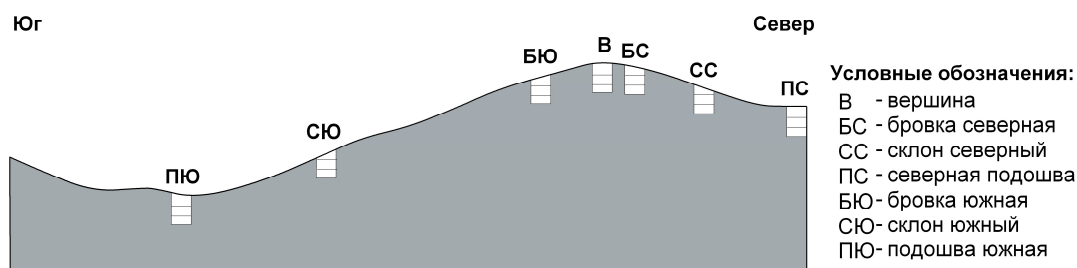


Рис. 3. Поперечный профиль земляного вала Белгородской черты

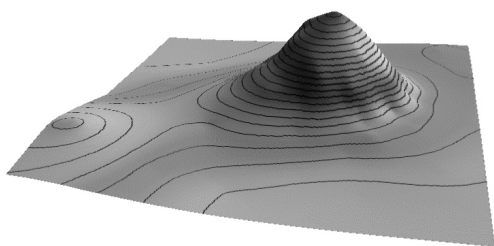


Рис. 4. Трехмерная модель кургана и его окружения

В мае-июне для характерных местоположений топокатен (на вершинах, бровках, склонах и подошвах северной и южной экспозиции) отбирали послойно (0–20, 20–40, 40–60 см) почвенные образцы в трехкратной повторности. В образцах определяли влажность почвы и объемную массу до глубины 40 см.

На минимально возможном удалении от каждого из объектов, но при сходных растительных условиях заложены контрольные почвенные разрезы, в которых также одновременно определяли влажность почвы.

Статистическое сравнение двух независимых выборок сводилось к проверке нулевой гипотезы о различии запасов влаги в слое почвы 40 см на вершине вала и склоне северной экспозиции, вершине и склоне южной экспозиции, а также между полярными склонами.

Результаты

Сопоставление условий увлажнения в отдельных геоморфологических микроразонах земляного вала можно выполнить по влажности почвы на глубинах 0–60 см, а также по запасам влаги на глубинах почвы до 40 см (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики увлажнения отдельных геоморфологических микроразонов земляного вала

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Влажность, %	Запас влаги (мм) в слое почвы	
			0-20 см	0-40 см
Вершина вала				
0-20	1,07	18,38	39,31	76,70
20-40	1,00	18,68	37,39	
40-60	-	19,82	-	
Бровка северного склона				
0-20	0,95	19,56	37,11	82,97
20-40	0,93	24,69	45,86	
40-60	-	20,66	-	
Склон северной экспозиции				
0-20	1,00	23,32	46,89	93,78
20-40	0,98	23,83	46,89	
40-60	-	23,11	-	
Подошва северного склона				
0-20	1,11	20,89	46,52	94,37
20-40	0,99	24,26	47,85	
40-60	-	24,73	-	
Бровка южного склона				
0-20	1,09	17,02	37,20	77,56
20-40	0,98	20,53	40,36	
40-60	-	19,83	-	

Склон южной экспозиции				
0-20	0,99	17,93	35,34	76,03
20-40	1,01	20,65	40,69	
40-60	-	24,41	-	-
Подошва южного склона				
0-20	1,01	24,06	48,77	107,20
20-40	1,22	23,91	58,43	
40-60	-	25,03	-	-

Очевидно, что чем больше увлажнение склонов, тем более выразительную картину перераспределения влаги можно получить. Однако искусственные сооружения, особенно курганы, обособлены в рельефе, что, видимо, сказывается на формировании более аридной обстановки, чем у обычных склонов. Действительно, эту особенность подтвердили проведенные исследования. Оказалось, что на вершине кургана влажность почвы в слое 0-60 см меньше на 7,6 %, а на вершине вала – на 5,4 %, чем на ровном участке соответственно, запасы влаги в слое почвы 0-40 см в 1,5 и 1,2 раза меньше (по сравнению с ровным местом) на вершинах кургана и вала соответственно. Наиболее характерное различие разноэкспонированных склонов прослеживается в точках отбора образцов в пределах транзитной части вала. Бровки же в меньшей степени отражают различия, хотя отчетливо наблюдается тенденция большей увлажненности северной бровки. Возможно, что преимущественно из-за несимметричности северного и южного склонов отмечаются наиболее резкие отличия в увлажнении микрозон подошвы вала.

Объемная масса почвы практически по всем местоположениям вала близка к единице, что отражает равную степень уплотнения почвы, достигнутую за три столетия. Процессы атмосферного увлажнения, испарения, перераспределения влаги по горизонтали и вертикали, а также особенности водоудерживающей способности почв в отдельных микрозонах склонов отражаются в запасах почвенной влаги.

Используя непараметрический критерий Вилкоксона (Уайта), установлено, что гипотезы об отсутствии попарных различий на вершине вала и склоне северной экспозиции, склонами северной и южной экспозиции статистически отвергаются на уровне значимости 5 %. Следовательно, с вероятностью 95 % можно утверждать, что запасы влаги в слое почвы 40 см на вершине и северном склоне, северном и южном склонах различны. По запасам почвенной влаги в слое 0-40 см микроклиматические различия между северным склоном и вершиной, северным склоном и южным склоном составляют 17 и 18 мм соответственно. Однако на заданном уровне значимости недостоверными оказались различия на вершине и южном склоне, что связано с близкой степенью ксероморфности этих местоположений.

Процессы перераспределения влаги на кургане имеют в большей мере не позиционно-динамический (строго катенарный) характер, как на валу, а субрадиальный. Этим, по-

видимому, можно объяснить некоторые различия в особенностях увлажнения микрозон на кургане (табл. 2). В частности, если между склонами и бровками северной и южной экспозиции различия в запасах влаги (в слое почвы 0–40 см) незначительны (4–5 мм), то зоны подножий в экспозиционном отношении наиболее контрастны – на 20 мм в пользу северной ориентации. Так что данные по кургану неплохо дополняют результаты, полученные по земляному валу.

Первое упоминание о возможном различии разноэкспонированных склонов содержит книга В. В. Докучаева «Русский чернозем», где автор, отмечая скудность данных «о проблеме определения величины, с какою уменьшается мощность чернозема в зависимости от угла склона», приводит наблюдения проф. Леваковского о различной мощности черноземов на северных и южных склонах [8]. Общепринятым стало мнение о том, что более подвержены эрозии почвы на южных склонах, чем на северных [7]. Западные склоны по интенсивности эрозии тяготеют к южным, а восточные к северным. Для оценки условий почвообразования важно отметить значительные различия полярных склонов по температурному режиму и степени увлажнения, что наиболее контрастно проявляется весной. В ЦЧР южные склоны имеют менее благоприятные агроэкологические условия, чем северные, для которых отмечено большее снегозадержание и замедленное снеготаяние [3]. Ранжированный ряд экспозиций по увлажнению при сопоставимых условиях выглядит следующим образом: С > СВ > ЮВ > В > З > ЮВ > ЮЗ > Ю [1].

Таблица 2. Характеристики увлажнения геоморфологических микрозон кургана

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Влажность, %	Запас влаги (мм) в слое почвы 0-20 см	Запас влаги (мм) в слое почвы 0-40 см
Вершина кургана				
0-20	1,00	13,16	26,33	53,68
20-40	1,08	12,70	27,35	
40-60	-	13,54	-	
Бровка склона северной экспозиции				
0-20	0,98	12,41	24,37	50,57
20-40	0,85	15,37	26,20	
40-60	-	17,79	-	
Склон северной экспозиции				
0-20	1,10	12,91	28,39	69,19
20-40	1,12	18,16	40,80	
40-60	-	22,45	-	
Подошва склона северной экспозиции				
0-20	0,94	14,47	31,06	80,30
20-40	1,00	24,72	49,24	
40-60	-	26,83	-	
Бровка склона южной экспозиции				
0-20	1,01	12,73	25,84	55,58
20-40	1,07	13,87	29,74	

40-60	-	16,26	-	-
Склон южной экспозиции				
0-20	0,98	14,96	29,42	65,20
20-40	1,08	16,51	35,78	
40-60	-	18,78	-	-
Подопшва склона южной экспозиции				
0-20	0,98	13,59	26,63	59,82
20-40	1,01	16,38	33,19	
40-60	-	21,72	-	-

На обоих изученных объектах склоны северной ориентации были более увлажнены, чем южные: это превышение в пользу северной покатости колеблется в пределах от 7 до 23 относительных %. Более убедительные различия в увлажнении разноэкспонированных склонов удалось выявить для вала: поправочные коэффициенты, рассчитанные по средней влажности в слое 0–60 см, составляют 1,24 (северный склон) и 1,07 (южный склон), а по запасам почвенной влаги в слое 0–40 см, – 1,22 (северный склон) и 0,99 (южный склон).

Очевидно, что выявленные различия гидротермического режима разноэкспонированных склонов должны находить выражение в особенностях почвообразовательного процесса, морфологического строения гумусового профиля на педотопокатенах.

В пределах южной катены (см. рис. 3), по мере удаления от вершины вала (9,4 м по оси X на рис. 5) мощность гумусового горизонта почв увеличивается на 25 см, что связано с быстрым переходом микрон от эрозионной к транзитной и аккумулятивной. При этом, как следует из рис. 6, отмечается устойчивое уменьшение вниз по склону соотношения горизонтов A1/A1B (от 0,8 до 0,4), что объясняется снижением функциональной зрелости морфологического строения гумусового профиля по градиенту склона. Северная катена на валу более короткая, и хотя различия в мощности гор. A1 здесь также существенны – до 20 см, но почвенно-геоморфологические связи менее определенные. В частности, из-за трудностей в выделении переходного горизонта почв не удастся определить изменения в соотношении горизонтов в гумусовом профиле в разных частях северной катены.

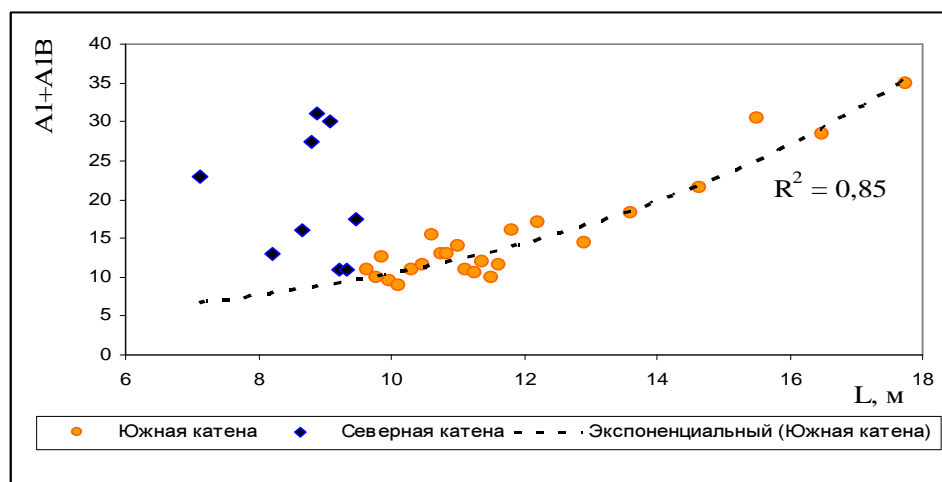


Рис. 5. Изменение мощности гумусового горизонта почв (A1+A1B, см) по длине склона

разноэкспонированных педотопокатен земляного вала

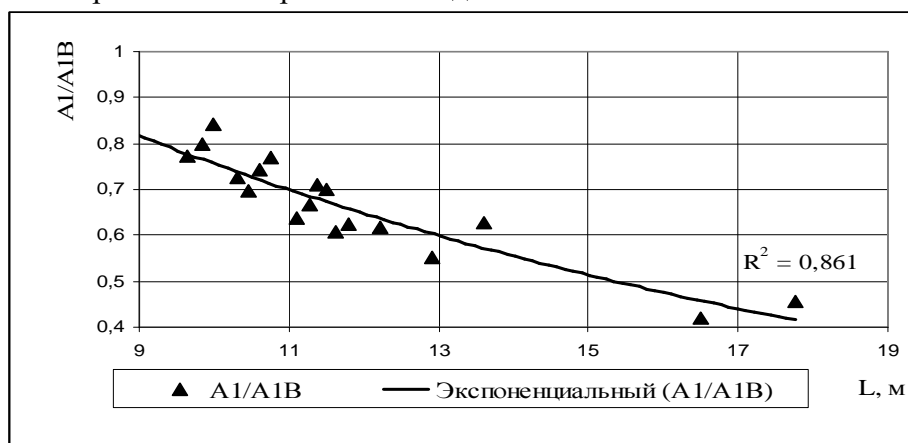


Рис. 6. Зависимость отношения горизонтов A1/A1B от длины южной педотопокатены. Таким образом, дифференциация почв на топокатенах, достигнутая за время формирования нового почвенного покрова после создания антропогенных почвенно-грунтовых насыпей, объясняется спецификой регулярно повторяющихся микроклиматических (и шире – ландшафтных) процессов в отдельных микрорайонах склоновых ландшафтов.

Созданные человеком в древности земляные насыпи (курганы, валы) не только ценные объекты археологического наследия, но и уникальные памятники природы, которые можно считать невозпроизводимыми натурными моделями природных процессов [4]. Эти модели привлекательны для изучения, так как полярные склоны у таких сооружений находятся на небольшом линейном удалении друг от друга, их датированный почвенный покров сформирован на однородном субстрате. Изучение топокатен земляного вала показало, что статистически доказуемые различия запасов влаги в слое почвы 40 см между вершиной и северным склоном, северным склоном и южным склоном составляют 17–18 мм. Для агроэкологической дифференциации склоновых ландшафтов необходима количественная оценка экспозиционных различий увлажнения почв. Поправочные коэффициенты, рассчитанные по влажности и запасам почвенной влаги, составляют (при сравнении с характеристиками на ровном месте) 1,22–1,24 (северный склон) и 0,99–1,07 (южный склон). На педотопокатене южной экспозиции мощность гумусового горизонта почв закономерно увеличивается, но при этом наблюдается снижение функциональной зрелости морфологического строения гумусового профиля по градиенту склона.

Список литературы

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под. ред. В. И. Кирюшина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Демкин В. А. Почвоведение и археология. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 213 с.

3. Каштанов А. Н., Явтушенко В. Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
4. Лисецкий Ф. Н. Значение объектов историко-культурного наследия для исследования и охраны степей // Степной бюллетень. – 2012. – №35. – С. 26-32.
5. Лисецкий Ф. Н. Почвенные катены в археологических ландшафтах // Почвоведение. – 1999. – № 10. – С. 1213-1223.
6. Лисецкий Ф. Н., Половинко В. В. Эрозионные катены на земляных фортификационных сооружениях // Геоморфология. – 2012. – №2. – С. 65-77.
7. Полупан Н. И. Влияние микрорельефа склоновых земель на процессы эрозии // Почвоведение. – 1998. – №6. – С. 753-762.
8. Русский чернозем / В. В. Докучаев. – СПб.: Русская коллекция, 2008. – 480 с.
9. Moysiienko I. I., Sudnik-Wojcikowska B. The flora of kurgans in the desert steppe zone of Southern Ukraine // Chornomors'k bot. z. – 2006. – Vol. 2. – №1. – P. 5-35.
10. Svetlitchnyi A. A., Plotnitsky S. V., Stepovaya O. Y. Spatial distribution of soil moisture content within catchments and its modelling on the basis topographic data // Journal of Hydrology. – 2003. – № 277. – P. 50-60.

Рецензенты:

Смирнова Л. Г., доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией Белгородского НИИ сельского хозяйства (Россельхозакадемия), г. Белгород.

Чернявских В. И., доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора Ботанического сада Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород.