

**А. М. РУСАНОВ**

## **ТЕРМИНОЛОГИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТОВ**

*Проведен анализ терминов по обозначению антропогенно обусловленных изменений свойств почв сельскохозяйственных земель. Изложена концепция оценки антропогенной динамики свойств почв земледельческой полосы России. Представлены материалы ее апробации в условиях степной зоны Урала.*

*An analysis is made of the terms designating man-made alterations to soil properties on agricultural lands. The concept of assessing the anthropogenic dynamics of soil properties in Russia's agricultural zone is outlined. Evidence of its verification for the Ural's steppe zone is presented.*

Реформа социально-экономических отношений в России и угроза глобального экологического кризиса выдвинули проблему экологической оценки почв в ряд приоритетных [1–3]. Создана федеральная служба земельного кадастра, близка к завершению организация многоуровневой информационной системы государственного земельного мониторинга, в сфере деятельности которых находится оценка качественного состояния земель и их главного компонента — почв. Однако среди вопросов экологической оценки почв есть много нерешенных.

При определении уровня антропогенно обусловленных изменений свойств почв сельскохозяйственных земель возникли разногласия, касающиеся терминологии, обозначающей это явление, и методики его исследования. Чаще других используется словосочетание «антропогенная деградация почв».

© 2006 Русанов А. М.

Изначально под словом «деградация» понимается постепенное ухудшение, снижение или утрата положительных качеств, упадок, вырождение [4, с. 430]. В почвоведении же его трактуют по-разному: это и «результат негативных (с точки зрения охраны природы) изменений строения, состава и элементов функционирования почв, вызванных антропогенными процессами» [5, с. 9], и непреднамеренное последствие земледелия, которое выражается в неблагоприятном изменении свойств почв по сравнению с их оптимальным состоянием, необходимым для выращивания растений, начинающееся с распашки целинных почв [6], и вызванный человеком процесс ухудшения или утраты свойств и качеств почвы, результат которого способствует увеличению ограничений дальнейшей деятельности человека [7], и др.

Нетрудно заметить, что каждая формулировка освещает процесс с разных сторон — с экономической, природоохранной или экологической. В первом определении нет указаний на конечный этап деградации, т. е. неясно, приведет ли он к упадку — состоянию разрушения, ... разложения [8] почвенных биогеоценозов — или ограничится их изменением. Согласно второму все пахотные почвы необходимо отнести к разряду деградированных. Однако существуют многочисленные примеры, когда значительные площади ныне пахотных земель Европы, в том числе и России, ставшие таковыми сотни лет назад и, следовательно, вступившие в процесс деградации, не утратили природных свойств и продолжают сохранять продуктивность.

Кроме того, оптимизация агрохимических свойств способна обеспечить высокий уровень искусственного плодородия почв, значительно утративших генетические признаки, поэтому плодородие далеко не всегда может служить достоверным показателем экологического статуса агроландшафта. Последняя формулировка наиболее полно отражает сущность процесса, однако требует уточнения определения явления, предшествующего деградации.

Другие менее распространенные термины, такие как «антропогенное воздействие», «антропогенная трансформация», «антропогенное влияние» не совсем точны. В этой связи представляется целесообразным обозначить всю совокупность изменений свойств и функций почв, вызванных хозяйственной деятельностью (как положительных, так и отрицательных, начиная с незначительных перемен в факторах почвообразования и заканчивая кризисом почвенных экосистем), термином «антропогенная динамика почв». При этом подразумевается, что антропогенная динамика почв входит в состав гораздо более масштабного и сложного процесса — антропогенной эволюции почв. Деградация же почв рассматривается как составной, завершающий этап их антропогенной динамики.

Сложность оценки почв связана с тем, что в настоящее время существует немного методик, позволяющих объективно установить степень агрогенных изменений свойств почв вне зависимости от их типовых и ландшафтных особенностей, вида и технологии использования, а среди даже наиболее совершенных из них [9] преобладают те, которые требуют выполнения большого объема полевых, лабораторных и аналитических работ с привлечением порой довольно сложного математического обеспечения.

Для оценки антропогенной динамики почв разработана специальная концепция, представляющая собой попытку найти подход к единой методике оценки антропогенных изменений свойств всех типов почв земледельческой полосы России. В основу концепции положены следующие принципы.

1. Антропогенная динамика почв неодинакова по степени проявления. В зависимости от величины техногенной нагрузки, природных различий в устойчивости к внешним воздействиям и уровня обратимости произошедших изменений антропогенно обусловленные перемены в гомеостазе почв предопределяют их деление на несколько категорий.

Это *стабильные почвы* сельскохозяйственных земель — почвы с высокой устойчивостью к антропогенным и природным воздействиям. От целинных аналогов они отличаются незначительными и обратимыми изменениями свойств. Направленность почвенных процессов сохранена, меняется лишь их интенсивность. Экологические функции почв в биосфере остаются прежними. По совокупным свойствам они остаются в пределах изначальных таксономических признаков.

Это *нарушенные почвы*, устойчивость которых к внешним воздействиям относительно низка. Для них типична конвергенция свойств почв разного таксономического уровня, вызванная сходством длительно применяемых единых технологий. Одновременно локально может происходить обратный процесс — дивергенция свойств в границах одного ранее существующего ареала, увеличение контрастности почвенного покрова из-за развития эрозии, дефляции, дегумификации и др. Меняются экологические свойства и функции таких почв в биосфере (плодородие, биоразнообразие, биоэнергетика), направленность и интенсивность почвенных процессов. Для их восстановления необходимы проведение мелиоративных мероприятий или вывод земель из пашни на длительный срок.

*Деградированные почвы* характеризуются выраженными, часто необратимыми ухудшениями важнейших генетических свойств и экологических функций вплоть до полной их утраты. Их восстановление либо невозможно по существу, либо сопряжено с многолетним периодом комплексной мелиорации и значительными затратами [10].

И скорость антропогенной динамики почв тоже различна. Так, распашка очень маломощных почв превращает их, минуя состояние стабильности, в нарушенные, а при глубокой вспашке — в деградированные. В других ситуациях почва может длительное время соответствовать одной качественной категории, как это часто наблюдается со стабильными почвами агроландшафтов. Однако в некоторых случаях почва в течение короткого промежутка времени может пройти все этапы — от стабильной до деградированной, например — в результате развития эрозии из-за распашки склонов.

2. В комплекс важнейших диагностических признаков почв, отражающих трансформацию всего почвенного биогеоценоза, включены из морфологических свойств мощность гумусового горизонта, из химических — содержание гумуса, из физических — структурное состояние. В этих показателях с наибольшей достоверностью и полнотой проявляются особенности процессов почвообразования и генетические характеристики почв, а под влиянием техногенных нагрузок в них происходят едва ли не самые значительные изменения. Следует отметить, что универсальным параметром почвенного мониторинга является гумус, так как, во-первых, от его количества и качества зависят многие физические и химические свойства почв, во-вторых, практически все изменения в экологии почв прежде всего отражаются в системе показателей гумусового состояния [11]. Такие фундаментальные свойства почв, как рефлекторность и сенсорность к факторам внешней среды, во многом определяются изменениями качественно-количественных признаков гумуса [12]. Для наиболее общего представления о динамике свойств почв часто достаточно сведений о валовом содержании гумуса в верхней части почвенного профиля.

3. Целинные почвы, даже соседствующие с пахотными, не могут служить надежным объектом для сравнения, т. е. эталоном. Интенсивность, а зачастую и направленность большинства элементарных почвенных процессов таких почв различны, гомеостаз почв целинных экосистем не соответствует таковому пахотных аналогов. При любой механической обработке из-за внутренних особенностей пахотные почвы по целому ряду свойств будут отличаться от целинных, однако ни одна технология выращивания растениеводческой продукции не может обойтись без рыхления верхнего слоя. В пахотный горизонт вносятся органические и минеральные удобрения, мелиоранты, гербициды и пестициды, меняющие химический состав почв, почвенную биоту, энергию почвообразования. Важнейшая разница между целинными и пахотными почвами сводится к тому, что на последние воздействует «дополнительный» фактор почвообразования — антропогенный, едва ли ни ведущий для почв сельскохозяйственных земель.

Для преодоления этого противоречия целесообразно использовать расчетный эталон, учитывающий минимальные различия между целинными и старопашотными почвами, которые определяются, с одной стороны, современным развитием экономики, технологии и техники, а с другой — их генетическими свойствами. Такая минимальная разница складывается на выровненных территориях опытно-производственных или учебных хозяйств, сортоиспытательных участков и на других сельскохозяйственных объектах, при использовании которых длительно применялись последние научные технологии и совершенная для своего времени техника. Следовательно, отрицательной антропогенной динамикой пахотных почв следует считать негативные изменения, превышающие минимум, характерный для «эталонной» пашни.

Применение расчетного эталона в практике почвооценочных работ осуществляется следующим образом. Устанавливается выраженная в процентах разница между каждым из трех диагностических признаков в системе целина—эталонная пашня, свойственная определенному региону (подзоне, ландшафтному району). В пределах этой территории на каждом участке (объекте работ) исследуются почвы как пашни, так и ее целинных аналогов. В количественные показатели диагностических свойств целинных почв вносятся соответствующие коэффициенты, что в результате дает расчетные значения признаков эталонной пашни конкретного участка. На заключительном этапе расчетные результаты сравниваются с реальными свойствами почв агроландшафта и определяют глубину их антропогенного преобразования.

4. Для разделения почв по степени антропогенной динамики, т. е. с целью их типизации, использована следующая шкала: стабильные почвы сельскохозяйственных земель, показатели свойств которых снижаются не более чем на 20 % по отношению к расчетному эталону; нарушенные почвы, показатели которых снижаются на 20–50 %; деградированные — снижение более чем на 50 %. При оценке антропогенных изменений почв за основу принимался минимальный показатель.

5. Оценку экологического состояния почв и почвенного покрова региона в целом предлагается проводить с использованием следующей градации. Территория со стабильными почвами или с участием нарушенных (не более 25 %) считается экологически благополучной. Регион, где площадь нарушенных почв превышает 25 % территории, является экологически напряженным. Если роль фоновых почв выполняют стабильные и нарушенные, а доля деградированных не превосходит 25 %, то вся площадь считается экологически опасной. Регионом экологического кризиса является тот, в структуре почвенного покрова которого преобладают деградированные почвы.

На основании приведенной концепции исследована антропогенная динамика обыкновенных черноземов Предуралья. Фациальное своеобразие степных черноземов Урала — их относительно низкая устойчивость к внешним воздействиям, что связано с территориальными особенностями таких факторов почвообразования, как климат и рельеф. Резко континентальный климат и недостаток увлажнения вместе с тяжелым механическим составом почвообразующих пород преопределили невысокую мощность гумусового горизонта, а сложный рельеф, включающий возвышенность Общий Сырт и Саринское плато, является ведущим условием развития эрозионных процессов.

Генетически обусловленные предпосылки развития негативных процессов усложнились обстоятельствами социального плана, главным образом подъемом целинных земель в середине прошлого века. В этой связи нахождение и использование относительно доступного и достоверного метода оценки антропогенной динамики почв земель сельскохозяйственного назначения для оптимизации мониторинговых наблюдений и разработки управленческих решений по рациональному использованию агроландшафтов для региона особенно важны.

Для расчета эталона исследованы пахотные почвы государственного сортоиспытательного участка, расположенного на выровненном водоразделе рек Салмыш и Ток, при использовании которого на протяжении более 50 лет применялись научные технологии и современная техника. Почвы участка представлены черноземами обыкновенными карбонатными среднесильными тяжелосуглинистыми. Одновременно изучены почвы пастбищного участка под хорошо сохранившейся типчаково-ковыльной растительностью с проективным покрытием до 70 %. По ландшафтно-климатическим, растительным и почвенным показателям пахотный участок и его целинные сопредельные территории являются типичными для исследуемой подзоны.

При статистической обработке данных по мощности гумусового горизонта, содержанию гумуса и структурно-агрегатному составу установлено, что за период пахотного использования мощность горизонта А–АВ уменьшилась с 48 до 42 см, или на 12,5 %, содержание гумуса — с 7,2 до 5,6 %, что в пересчете составило 22,2 % исходного значения, а содержание агрономически ценных агрегатов (0,25–10,0 мм) при сухом расसेве в верхнем 20-сантиметровом пахотном слое сократилось с 74,4 до 61,4 %, или на 17,5 %. Эти данные дают исчерпывающее представление о параметрах расчетного эталона рассматриваемого подтипа черноземов.

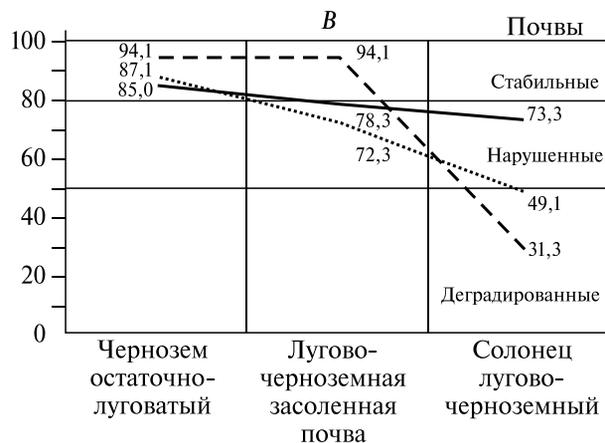
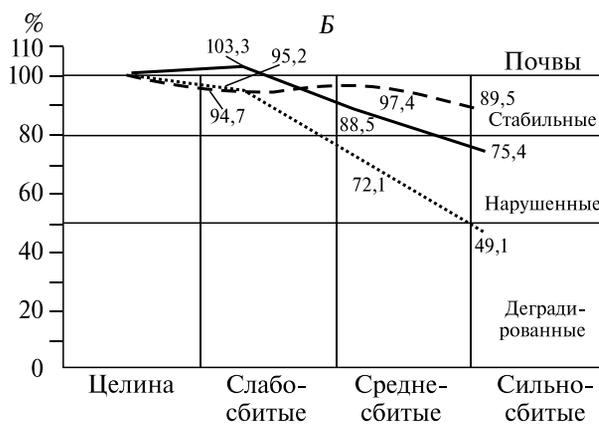
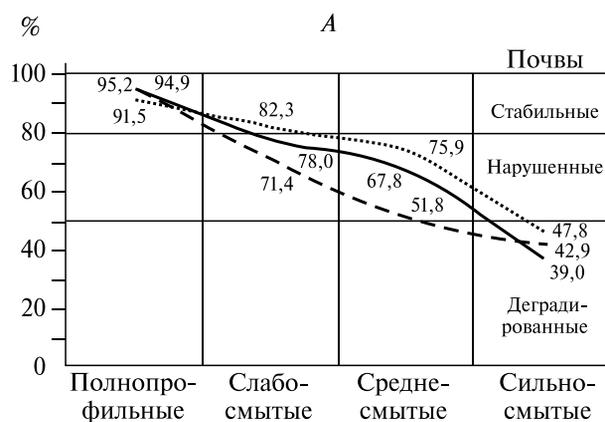
Объектом изучения антропогенной динамики основных свойств обыкновенных черноземов под влиянием длительного пахотного использования выровненных агроландшафтов послужил участок, расположенный на западе региона, на водоразделе рек Боровка и Самара, на южных отрогах Общего Сырта. Установлено, что мощность гумусового горизонта за агрокультурный период уменьшилась с 43 см на целине до 37 см на пашне, т. е. на 14 %. Поскольку лучшие пахотные черноземы потеряли за время освоения 12,5 % мощности, ее снижение по отношению к расчетному эталону составило 1,5 %.

На основании многочисленных определений содержания гумуса выявлено, что пахотные почвы в верхнем слое (0–20 см) потеряли 2,3 % гумуса (7,1–4,8 %). Если принять содержание гумуса под целинной растительностью за 100 %, то окажется, что пахотные почвы утратили 32,4 % гумуса, в то время как по расчетным данным — на 10,2 %. Изменение структурно-агрегатного состава черноземов агроландшафтов выразилось в том, что как при сухом, так и при мокром просеивании не только сокращается содержание агрономически ценных отдельных агрегатов, но и возрастает доля относительно мелких агрегатов диаметром 1,0–0,25 мм. Сумма агрономически ценных агрегатов уменьшилась на 13,2 % по отношению к расчетному эталону.

Таким образом, по всем важнейшим морфологическим, химическим и физическим показателям антропогенная динамика пахотных обыкновенных черноземов выровненных пространств не превышает 20 % так называемого расчетного эталона, т. е. соответствует уровню стабильных почв агроландшафтов.

Иное положение отмечается на склоновых территориях. Влияние эрозии на основные свойства черноземов изучалось на склоне северо-восточной экспозиции в центральной части подзоны. Протяженность прямого склона — около полутора километров при среднем уклоне 2,5–3,5°. Почвы представлены черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым среднесильным. Морфологические исследования склоновых пахотных и целинных черноземов и статистическая обработка результатов позволили установить, что полнопрофильные почвы склона в результате многолетнего пахотного использования потеряли пять процентов мощности горизонта А + АВ по сравнению с расчетным значением, слабосмытые — 28,6 %, среднесмытые — 48,2, а сильносмытые — 57,1 %. Неэродированные пахотные черноземы склона утратили 5,1 % гумуса от расчетных данных, слабосмытые — 22,0, средне- и сильносмытые — 32,2 и 61,0 % соответственно.

Что касается динамики структурно-агрегатного состава почв, то получены следующие результаты: несмытые почвы склона по содержанию агрономически ценной структуры уступают расчетному эталону 8,5 %, слабосмытые — 17,7, среднесмытые — 24,1, а сильно эродированные — более 50,0 %.



Динамика свойств черноземов Предуралья.

*А* — склоновый ландшафт, *Б* — пастбища,  
*В* — орошаемые черноземы.

— содержание гумуса;  
- - - мощность горизонта А + АВ;  
..... содержание агрономически ценных агрегатов.

По совокупности показателей (см. рисунок) можно сделать следующий вывод: полнопрофильные черноземы склона относятся к категории стабильных почв агроландшафтов, слабо- и среднеэродированные — к нарушенным, сильносмытые — к деградированным.

Влияние длительного пастбищного использования на свойства черноземов изучалось на водоразделе Большого Урана и Малого Урана, где почвы представлены ареалом чернозема обыкновенного маломощного среднесуглинистого. В качестве диагностического показателя пастбищной нагрузки использованы общепринятые геоботанические характеристики — изменение видового состава естественных фитоценозов, снижение их продуктивности и проективного покрытия, ярности и высоты растений [13]. Эталонном для характеристики антропогенной динамики почв служили свойства целинных черноземов.

Как показало исследование морфологии гумусового профиля почв пасквальных ландшафтов, пастбищная нагрузка мало отражается на мощности горизонта А + АВ, и можно говорить лишь о тенденции изменения, которая выразилась в снижении мощности гумусового горизонта с 38 см под целиной до 34 см под сильносбитыми пастбищами. Содержание гумуса по мере возрастания нагрузок уменьшается с 6,1 и 6,3 % соответственно на целине и под слабосбитым травостоем до 5,4 и 4,6 % под средне- и сильносбитым пастбищем, т. е. на сильносбитом участке по отношению к целине оно понизилось на 24,6 %.

Изменение суммы агрономически ценных агрегатов (сухой рассев) в ряду целина—сильносбитое пастбище составило 65,3 % под целиной, 60,9 % на слабосбитом пастбище, 47,1 и 32,1 % под средне- и сильносбитыми группировками соответственно. Необходимо отметить, что как по динамике гумуса, так и, особенно, по изменению структурно-агрегатного состава наибольшие изменения отмечаются в самом верхнем 10-сантиметровом слое почв пастбищных ландшафтов. Это связано с тем, что верхний слой претерпевает наиболее сильное воздействие копыт сельскохозяйственных животных, разрушающее структуру, особенно весной и осенью, когда почвы значительно увлажнены и не достигают состояния «физической спелости». Разрушение же структуры и уплотнение почв приводят к изменению условий гумусообразования и ускоренной минерализации гумуса, выражающихся в уменьшении содержания и ухудшении качества.

Судя по структуре, почвы слабосбитых пастбищ соответствуют стабильным черноземам агроландшафтов, среднесбитых — нарушенным, а под сильносбитыми группировками — деградированным (см. рисунок, *Б*).

Степное Предуралье — район развитого орошаемого земледелия, где находится несколько крупных оросительных систем. Почвы одной из них — Домашкинской, созданной около 70 лет назад, стали объектом исследования антропогенной динамики основных свойств черноземов под воздействием ирригации. В геоморфологическом отношении орошаемая территория является второй оstepенной надпойменной террасой. В ее основании залегают аллювиальные и древнеаллювиальные карбонатные суглинки, перекрывающие глины татарского яруса верхней перми. Почвенный покров территории отличается однородностью и представлен сочетанием черноземов обыкновенных остаточно-луговатых среднегумусных среднемогучих глинистых, тяжело- и среднесуглинистых.

Под влиянием искусственного полива уровень грунтовых вод повысился с пяти метров и более до ввода участка в режим орошения с максимумом до 0,5 м вблизи открытых магистральных каналов. Минерализация грунтовых вод за время ирригации увеличилась с 0,3–0,9 г/л до почти 1,5 г/л. Под воздействием этих обстоятельств, а также фрагментарного засоления подстилающих пород и микро-рельефа произошла дивергенция свойств почв, выразившаяся в формировании почвенных типов, ранее не свойственных территории, — лугово-черноземных средне- и слабозасоленных почв (около 9,3 % территории) и солонца лугово-черноземного солончакового (1,5 %). Тип засоления солонца — содово-сульфатный, степень засоления — средняя. Лугово-черноземные почвы отличаются широким спектром засоления — от хлоридно-содового до сульфатного. Фон почвенного покрова орошаемого массива составляют зональные почвы, т. е. черноземы остаточно-луговатые.

Как свидетельствуют исследования основных свойств почв и их динамики, под влиянием ирригации, гумусовый горизонт и черноземов, и лугово-черноземных почв изменился незначительно, утратив по сравнению с расчетным эталоном около 6 % мощности. Мощность же гумусового горизонта солонца сократилась почти на 70 % с учетом мощности верхней части почвенного профиля чернозема остаточно-луговатого, из которого он произошел. Содержание гумуса закономерно снижается в ряду целинный чернозем—солонец орошаемый с 7,7 до 4,4 %. При этом орошаемые остаточно-луговатые черноземы потеряли 15 % гумуса от расчетного значения, лугово-черноземные — 21,7 %, а солонец лугово-черноземный — 26,7 %. Качественно-количественные показатели структурно-агрегатного состава почв снижаются от хорошего оценочного уровня на целине до неудовлетворительного в пахотном слое орошаемого солонца [14].

По совокупным данным (см. рисунок, В) орошаемые черноземы соответствуют критериям стабильных почв агроландшафтов, лугово-черноземные — нарушенным, солонец лугово-черноземный — деградированным. Для определения экологического статуса почв всей исследуемой подзоны установлены площади каждой из их категорий. Выявлено, что черноземы на 56,7 % покрытой ими территории соответствуют показателям стабильных почв агроландшафтов, 37,7 % их площади отнесены к нарушенным почвам, а 5,6 % — к деградированным. Следовательно, всю территорию подзоны обыкновенных черноземов Предуралья, судя по экологическому состоянию почвенного покрова, можно считать экологически опасной.

Рассмотренная выше методика экологической оценки почв агроландшафтов успешно используется в системе регионального земельного мониторинга Оренбургской области. Есть основания полагать, что после апробации и внесения поправок, ее можно применить и в других сельскохозяйственных регионах России.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (04–04–49006).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Апарин Б. Ф.** Эволюционные модели плодородия почв. — СПб: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 1997.
2. **Кирюшин В. Н.** Экологизация земледелия и технологическая политика. — М.: Изд-во Моск. с.-х. академии, 2000.
3. **Булгаков Д. С.** Агроэкологическая оценка пахотных почв. — М.: Изд-во Почвенного ин-та, 2002.
4. **Российский** энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. — М.: БСЭ, 2001. — Кн. 1.
5. **Лебедева И. Н., Тонконогов В. Д.** Деградация почв и устойчивость почв к деградации: общие представления и понятия // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. — М.: Изд-во РАСХН, 2002.
6. **Красеха Е. Н.** Деградация почв как неизбежный процесс их антропогенной эволюции // Материалы научной сессии по фундаментальному почвоведению. — М.: МАКС-Пресс, 2004.
7. **Хитров А. Б.** Деградация почв и почвенного покрова: понятия и подходы к получению оценок // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. — М.: Изд-во РАСХН, 1998. — Т. 1.
8. **Ефремова Т. Ф.** Новый словарь русского языка. — М.: Русский язык, 2000.
9. **Шишов Л. Л., Дурманов Д. А., Карманов И. И. и др.** Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. — М.: Агропромиздат, 1991.
10. **Русанов А. М.** Модель типизации почв агроландшафтов по их устойчивости к антропогенному воздействию // Биосферные функции почвенного покрова. — Пушино, 2005.

11. **Русанов А. М.** Почвенный мониторинг и организация сети резерватов эталонных почв // География и природ. ресурсы. — 1991. — № 2.
12. **Соколов И. А.** Теоретические проблемы генетического почвоведения. — Новосибирск, 2004.
13. **Раменский Л. Г.** Введение в комплексное почвенно-геоботаническое обследование земель. — М.: Сельхозиздат, 1978.
14. **Шеин Е. В., Карпачевский Л. О.** Толковый словарь по физике почв. — М.: ГЕОС, 2003.

*Оренбургский государственный  
университет*

*Поступила в редакцию  
3 мая 2005 г.*