

СВОЙСТВА СТЕПНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ПРОБЛЕМА ИХ ДЕГРАДАЦИИ

Почвенные свойства являются важным фактором деградации почв. Они определяют устойчивость почв к эрозии и дефляции. Цель исследования – выявить особенности свойств степных почв юга Сибири, определяющие устойчивость их к деградации. Изучены почвы каштановые, черноземы южные, луговые и солончаки. Все они сформированы в котловинах озер Усколь (Южно-Минусинская впадина) и Горькое (Чулымо-Енисейская впадина). Южные черноземы и каштановые почвы характеризуются слабой гумусированностью (3–5%), низким содержанием ила (5%) и высоким песчаных частиц (50%), слабой оструктуренностью и механической прочностью макроагрегатов, высокой карбонатностью (20% и более), отсутствием засоления. Исследованные почвы используются в качестве пахотных и пастбищных угодий. Они имеют высокую плотность сложения в пахотном горизонте (1,23–1,27 г/см³). Уплотнение почв сопровождается снижением межагрегатной и увеличением капиллярной порозности. Вовлечение их в пахотные и пастбищные угодья сопровождается распылением структуры, усилением деградационных процессов, тогда как вторичное засоление при орошаемом земледелии не представляет серьезной угрозы. Гидроморфные почвы более устойчивы к деградации, однако они засолены, что не позволяет использовать их в сельском хозяйстве. На пахотных и пастбищных землях необходимо проводить мероприятия, направленные на защиту почв от деградации и опустынивания. Должны использоваться адаптивно-ландшафтные системы земледелия, которые учитывают все факторы водной эрозии, дефляции и других форм деградации почв.

Ключевые слова: деградационные процессы, южные черноземы, каштановые почвы, гранулометрический состав, гумус, почвенная структура.

Введение

На современном этапе развития человеческого общества на фоне угрозы глобального экологического кризиса все более важное место занимает проблема деградации почв. Согласно М.И. Герасимовой, Н.А. Караваевой, В.О. Таргульяну [1], под деградацией почв понимают изменение в функционировании почвенной системы, в составе и строении твердой фазы, регуляторной функции почв, сопровождающееся отклонением от экологической нормы и ухудшением параметров, важных для функционирования биоты и человека. Без решения проблемы деградации почв невозможно сохранить растительный и животный мир и в целом экологическое благополучие жизни человека. Особенно остро проблема деградации почв стоит при их сельскохозяйственном использовании в качестве пахотных и пастбищных угодий, в условиях орошаемого земледелия. Важнейшей составляющей деградации почв является водная и ветровая эрозия – основная экологическая угроза устойчивости и производственного потенциала сельского хозяйства во многих регионах мира [2]–[4].

Система ведения сельского хозяйства должна максимально учитывать естественную экологическую обстановку, не нарушать ее и

оптимально с ней сочетаться. В связи с этим необходимо всестороннее изучение основного средства сельскохозяйственного производства – почв, поскольку они относятся к категории невозобновимых природных ресурсов и в случае нерационального использования с применением необоснованных мероприятий могут утратить свое главное свойство – плодородие.

Основными деградационными процессами, протекающими в степных почвах юга Средней Сибири, являются дефляция и пастбищная эрозия. В меньшей степени степные почвы теряют свое плодородие в результате водной эрозии в период выпадения интенсивных ливней и ирригационной эрозии в условиях орошаемого земледелия. Наряду с климатическими, геоморфологическими, геологическими, биологическими и другими экологическими факторами деградации почв важную роль играют и почвенные свойства, во многом определяющие противодефляционную и противозерозионную их стойкость [5]. Характеристики физических и физико-химических свойств почв составляют важный блок в базах данных для создания моделей процессов эрозии и прогнозирования пространственно-временных изменений почвенного покрова. Этот аспект проблемы широко освещается в зарубежной литературе [6], [7], и

др. В целом степные почвы отличаются специфическими чертами, уникальностью, невысокой устойчивостью к антропогенным воздействиям, необдуманность которых может привести к нарушению хрупкого равновесия их с окружающей средой.

Целью настоящей работы является выявление особенностей свойств степных почв юга Сибири, определяющих степень устойчивости их к деградационным процессам.

Материалы и методики исследования

Объектами исследования явились почвы автоморфного и гидроморфного ряда в котловинах озер Усколь (Южно-Минусинская впадина) и Горькое (Чулымо-Енисейская впадина). На водораздельных линиях этих котловин почвенный покров характеризуется маломощностью, фрагментарностью и представлен неполноразвитыми почвами с неполным набором генетических горизонтов и сильной щебнистостью и скелетностью профиля. Растительный разнотравно-злаковый покров в значительной степени изрежен, отмечается наличие лишайников.

Почвенный покров склоновых поверхностей котловины оз. Усколь представлен каштановыми почвами, характеризующимися слабовыраженной дерниной, небольшой мощностью гумусового горизонта ($A+B = 30$ см) и профиля в целом, легким гранулометрическим составом, карбонатностью всего профиля, щебнистостью. На склонах котловины оз. Горькое в условиях относительно повышенного, по сравнению с котловиной оз. Усколь, увлажнения формируются черноземы южные, отличающиеся от каштановых почв большей мощностью гумусового горизонта.

Карбонатные горизонты автоморфных почв характеризуются сплошной пропиткой минерального субстрата углесолями, что придает рыхлому материалу мучнистый облик. Почвообразующие породы, на которых сформированы каштановые почвы и черноземы южные, представлены опесчаненными известняками.

Прибрежные территории в озерных котловинах занимают гидроморфные почвы – солончаки типичные (оз. Усколь) и луговые солончаковые почвы (оз. Горькое), развитые на

красноцветных элювиально-делювиальных глинистых отложениях девонских пород. Солончаки сформированы под изреженной растительностью с доминированием эфемероидов и солянок при близком (90 см) уровне грунтовых вод. В верхней части профиля четко выделяется 1-сантиметровая серовато-белесая рыхлая солевая корка, ниже почвенный мелкозем с яркими признаками оглеения и засоления слабо дифференцирован на слои.

Луговые почвы отличаются наличием хорошо выраженного гумусово-аккумулятивного горизонта на фоне признаков глеевого и солончакового процессов по всему профилю, характеризуются устойчивым вскипанием от HCl с поверхности.

Почвы изучались с помощью полевого, сравнительно-географического, морфологического и диагностического методов. Для исследования физико-химических свойств почв использовались общепринятые методики [8].

Результаты исследования и обсуждение

Среди почвенных свойств, непосредственно влияющих на степень устойчивости почв к деградационным процессам, наибольшую значимость имеют гранулометрический состав и содержание гумуса, определяющие структурное состояние, связность агрегатов и противодефляционную и противоэрозионную стойкость почв.

Особенностью почв водораздельных и склоновых поверхностей является их легкий гранулометрический состав с высоким содержанием песчаных фракций, суммарная доля которых достигает 50% и более. Значительное количество крупных частиц в мелкозем степных почв юга Сибири определяется не только характером почвообразующих пород, но и является следствием жестких экологических условий (в частности, аридный и холодный климат), в которых протекают процессы выветривания и почвообразования. В результате преобладает физический тип выветривания, приводящий к дезинтеграции пород с образованием крупных фракций [9]. Содержание илистой фракции, играющей важную роль в структурообразующих процессах и плодородии почв в целом, не велико и не превышает 5% (табл. 1). Как показано исследованиями [2],

малое количество тонкодисперсных частиц, являющихся цементирующим материалом почв, определяет их слабую противодефляционную стойкость. Использование черноземных и каштановых почв в качестве пахотных угодий чревато усилением дефляционных процессов, т. к. распашка легких почв, как правило, сопровождается распылением их структуры и способствует выдуванию мелкозема в период прохождения дефляционно опасных ветров, имеющих скорость больше критической.

Еще одной специфической чертой степных почв данного региона является хорошо выраженная микроагрегированность на фоне слабой макроструктуры. Результаты микроагрегатного анализа показывают высокий фактор структурности (водоустойчивости агрегатов) и дисперсности, однако показатели противоэрозионной стойкости низкие. Слабая структурность почв, сформированных на склонах, благоприятствует формированию стока поверхностных вод в период выпадения дождевых осадков [10], интенсивному фи-

зическому испарению влаги, определяет так называемую «эрозионную засуху», обуславливая неблагоприятный водный режим почв, в частности очень низкую влагообеспеченность нижних горизонтов. Всё это необходимо принимать во внимание при вовлечении почв в сельскохозяйственное использование и выборе системы земледелия в степной зоне Сибири.

В отличие от исследованных автоморфных почв, солончаки и луговые почвы прибрежных территорий отличаются тяжелым глинистым составом, унаследованным от почвообразующих пород – глинистых красноцветных девонских отложений, в связи с чем процессы дефляции на них опасности не представляют.

Засушливость климата определяет невысокую (3–5%) гумусированность почв (табл. 2), формирование которых идет только в условиях атмосферного увлажнения при отсутствии дополнительных источников влаги. Недостаточный запас воды в почве обуславливает невысокую интенсивность процессов гу-

Таблица 1. Некоторые физические свойства исследованных почв

Горизонт, глубина, см	Содержание илстых частиц, %	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %
Чернозем южный карбонатный маломощный легкосуглинистый (разрез 7-13)			
AdCa 0-10	3,2	1,24	52,30
ABCa 10-20	4,0	1,36	48,48
B1Ca 20-30	3,9	1,39	47,15
B2Ca 40-50	3,1	1,40	47,17
BCCa 65-75	3,7	1,59	40,00
CCa 90-100	4,0	1,65	38,20
Каштановая карбонатная маломощная легкосуглинистая (разрез 8-13)			
AdCa 0-4	5,1	1,27	51,52
ACa 4-13	4,7	1,39	47,34
ABCa 13-21	3,9	1,49	43,34
B1Ca 21-31	4,1	1,52	42,64
B2Ca 35-45	3,3	1,87	37,91
CCa 50-60	2,1	1,72	35,82
Луговая солончаковатая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая (разрез 9-13)			
ACa,g 0-10	10,3	1,23	46,52
ABCa,g 17-27	11,8	1,43	40,66
B1Ca,g 27-37	12,9	1,48	42,86
B2Ca,g 39-49	13,7	1,57	40,53
BCCa,g 55-65	13,1	1,80	32,58
Солончак гидроморфный типичный содово-сульфатный тяжелосуглинистый (разрез 10-13)			
ICa,g 1-3	12,3	1,23	49,30
IICa,g 10-20	10,5	1,34	42,97
IIICa,g 40-50	11,8	1,43	40,16
IVCa,g 70-80	13,9	1,45	40,57
CCa,g 100-110	15,6	1,93	27,16

мусонакопления и активное развитие процессов окисления и минерализации растительных остатков, поступление которых в почву невелико в силу небольшого проективного покрытия растительности и сильного выгорания ее в летний период иссушения.

Малая гумусность почв, низкое содержание илестых частиц и высокое песчаных обуславливают слабую оструктуренность почв и низкую механическую прочность макроагрегатов. В связи с этим при распашке происходит физическая деградация почв. Наблюдается разрушение структуры, распыление, что способствует выдуванию мелкозема в период прохождения дефляционноопасных ветров, а также, при наличии уклона поверхности, смыву почвы поверхностным стоком дождевых вод, выпадающих редко, но с большой интенсивностью. Особенно большой смыв почвы отмечается в случае совпадения периода ливневых осадков с периодом отсутствия растительности на полях. Кроме этого указанные выше

свойства почв определяют и слабую устойчивость почв к выпасу скота.

Бессистемное, нерациональное использование пастбищных угодий приводит их к деградации. По мере возрастания нагрузки последовательно сменяются следующие три стадии: 1) разрушение растительного покрова, 2) разрушение почвенного покрова, 3) разрушение литосферы при малой мощности почвенных профилей, подстилаемых плотными породами [11]. Изреживание или полное исчезновение травяного покрова в результате выпаса приводит к широкому развитию эрозионных процессов. Изменяются и физические свойства почв. Следствием выпаса является уплотнение, происходящее под механическим воздействием копыт животных. Величина уплотнения почв в первую очередь связана с содержанием гумуса – слабо гумусированные почвы уплотняются в большей степени. Исследованные почвы используются в качестве пахотных угодий и характеризуются повышенной плотностью

Таблица 2. Химические и физико-химические свойства почв

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	CaCO ₃ , %	Сумма солей, %	Поглощенные катионы, мг-экв/100 г почвы	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺
Чернозем южный карбонатный маломощный легкосуглинистый (разрез 7-13)					
AdCa 0-10	5,30	6,84	0,07	28,70	3,00
ABCa 10-20	2,55	22,25	0,04	27,60	3,20
B1Ca 20-30	0,75	21,40	0,06	24,60	4,60
B2Ca 40-50	0,30	16,26	0,09	17,90	10,70
BCCa 65-75	0,17	13,69	0,10	13,40	8,10
CCa 90-100	0,14	5,99	0,10	11,20	7,00
Каштановая карбонатная маломощная легкосуглинистая (разрез 8-13)					
AdCa 0-4	3,55	1,85	0,09	26,55	3,51
ACa 4-13	2,12	1,85	0,10	25,50	2,00
ABCa 13-21	1,56	1,85	0,10	24,54	1,01
B1Ca 21-31	0,68	2,15	0,13	16,04	1,00
B2Ca 35-45	0,18	10,70	0,12	10,30	1,04
CCa 50-60	0,10	5,56	0,13	10,00	0,54
Луговая солончаковатая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая (разрез 9-13)					
ACa _g 0-10	7,20	29,96	0,50	38,60	3,20
ABCa _g 17-27	4,37	30,81	0,41	37,40	4,00
B1Ca _g 27-37	3,96	10,70	0,34	31,90	6,30
B2Ca _g 39-49	2,06	9,41	0,33	23,60	7,10
BCCa _g 55-65	0,68	12,84	0,33	21,20	7,90
Солончак гидроморфный типичный содово-сульфатный тяжелосуглинистый (разрез 10-13)					
ICa _g 1-3	0,63	10,27	3,52	16,53	1,00
IICa _g 10-20	0,44	11,12	2,30	15,23	1,30
IIICa _g 40-50	0,11	14,98	1,37	17,04	1,00
IVCa _g 70-80	0,02	7,27	1,22	17,03	0,05
CCa _g 100-110	0,01	2,56	1,08	17,03	0,05

сложения, составляющей 1,23–1,27 г/см³ в гумусовом горизонте. Уплотнение почв сопровождается снижением порозности, особенно межагрегатной, при этом доля капиллярных пор возрастает. Общая порозность в верхних слоях каштановых почв и черноземов незначительно превышает 50%, а в луговой составляет 41–46%. При высоких пастбищных нагрузках происходит нарушение и почвенной структуры. Часто она «распыляется» в верхней части гумусового горизонта, образуя «сбой» – бесструктурный слой почвы мощностью в несколько сантиметров [11]. Кроме изменения физического состояния почвы при пастбе скота происходит трансформация и химических свойств почв, наиболее существенной является дегумификация – наиболее значимый, как показывают исследования [12], показатель деградации почв. Потеря гумуса является следствием двух основных причин: 1) изменения характера биологического круговорота на пастбищах (поедаемая надземная фитомасса исключается из сферы гумификации, нарушая баланс гумуса в сторону уменьшения его запасов); 2) развития эрозионных процессов, удаляющих наиболее гумусированную часть почвенного профиля. Именно содержание органического вещества является ключевым свойством при оценке эрозии почв [13].

Наиболее высоким содержанием гумуса в исследованных озерных котловинах характеризуются луговые почвы (более 7%), что связано с тяжелым гранулометрическим составом, способствующим закреплению гумусовых веществ в форме органо-минеральных комплексов, наличием дополнительного грунтового увлажнения и, как следствие, богатым растительным покровом, что в целом активизирует процессы гумификации, гумусообразования и гумусонакопления. Однако развитие высокопродуктивных травянистых ценозов в условиях притока грунтовых вод нередко тормозится повышенной минерализацией последних, что приводит к накоплению в профиле почв токсичных для растений легкорастворимых солей: хлоридов и сульфатов магния и натрия и особенно вредной соды. В связи с этим наименее гумусными (0,6%) почвами являются солончаки, развивающиеся при воздействии засоленных грунтовых вод под скудной галофитной

растительностью и имеющие на поверхности солевую корку.

На устойчивость почв к дефляционным процессам влияет и их карбонатность. Все исследованные почвы характеризуются наличием углекислых солей по всему профилю. Максимальное содержание карбонатов (20% и более) в черноземах и каштановых почвах отмечается на небольшой глубине (20–30 см), поэтому при распаивании углекислый кальций и магний, содержащиеся в этом слое, неизбежно будут увеличивать карбонатность пахотного горизонта. Как показано М.Н. Заславским [14], с карбонатностью связана интенсивность выдувания: количество почвы, сносимой ветром, увеличивается с возрастанием содержания карбонатов в поверхностном горизонте.

Высокая карбонатность характерна и для гидроморфных почв, в которых наибольшее количество углекислых солей приурочено к верхним горизонтам и составляет 15% в солончаке и 30% в луговой почве.

Снижает устойчивость почв к водной эрозии и дефляции наличие не только труднорастворимых солей, каковыми являются карбонаты, но и легкорастворимых. В котловинах озер Усколь и Горькое солончаковый процесс характерен лишь для почв прибрежных территорий. В солончаке максимальная аккумуляция солей (3,5%) отмечается на поверхности, что приводит к формированию солевой корки рыхлого сложения и возможности переноса солей ветром на окружающие территории с незасоленными почвами. В луговой почве степень засоления ниже – 0,5% в дерновом горизонте и 0,3% в нижележащих слоях. Химизм засоления в этих почвах содово-сульфатный, доля токсичных солей колеблется по профилю в пределах 50–90% от их общего количества.

Почвы автоморфного ряда не засолены, что объясняется отсутствием связи с грунтовыми водами и легким гранулометрическим составом почвообразующих пород, отличающихся высокой щебнистостью и хорошим дренажом. Это способствует выносу растворимых продуктов почвообразования и выветривания почвенных минералов в редкие наиболее влажные годы и невозможности их возврата в поверхностную толщу в силу отсутствия капиллярного подъема. В результате обеспечива-

ется безвозвратный вывод растворимых солей из корнеобитаемых горизонтов. В связи с этим на автоморфных почвах деградационные процессы, обусловленные вторичным засолением при вовлечении их в орошаемое земледелие, не представляют серьезной угрозы.

Одним из факторов, влияющих на противодефляционную и противоэрозионную стойкость почв, является состав поглощенных оснований, в значительной степени определяющий структурность почв. Известно, что присутствие натрия в ППК придает почве глыбистую структуру и склонность образовывать корку на поверхности. Это сопровождается увеличением устойчивости почвы к сдуванию ветром. Однако, обуславливая бесструктурность и вязкость почв во влажном состоянии, этот катион способствует снижению устойчивости почв к водной эрозии. При доминировании в ППК кальция и магния в почвах отмечается высокая пористость, низкая плотность сложения, что усиливает процессы дефляции при распаивании почв.

В исследованных почвах в составе ППК преобладает кальций, на долю которого в верхних горизонтах приходится 90% от суммы поглощенных катионов. С глубиной содержание Ca^{2+} несколько снижается, а количество Mg^{2+} увеличивается. Доля последнего в составе ППК средней и нижней части черноземов и каштановых почв достигает 40%, что, возможно, обусловлено не только спецификой почвообразующих пород [9], [15], [16], но и является реликтовым признаком, свидетельствующим о былой солонцеватости почв на палеогидроморфной стадии эволюционного пути, которую, как считают Д.А. Клеменц [17], С.П. Волкова, Б.И. Кочуров, Ф.И. Хакимзянова

[18] и другие исследователи, прошли в своем развитии почвы юга Средней Сибири.

Среди изученных почв наличием в ППК иона натрия отличаются каштановая почва и солончак, в связи с чем щелочность их наиболее высока (рН превышает 9 единиц в средней и нижней части профиля каштановой почвы и 10 и более составляет в солончаке).

Заключение

В целом исследованные почвы имеют комплекс свойств, обуславливающих низкую устойчивость их к различным видам деградационных процессов, что осложняет их практическое использование. Так, на фоне засушливости климата легкость гранулометрического состава, малое количество илистых частиц, низкая гумусированность и, как следствие, неудовлетворительная оструктуренность большинства почв, а также карбонатность всего профиля способствуют снижению устойчивости их к дефляции, водной и пастбищной эрозии. В связи с этим при вовлечении почв степной зоны Сибири в пахотное земледелие и пастбищные угодья необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на их защиту от деградации и опустынивания. В настоящее время вводятся адаптивно-ландшафтные системы земледелия, в полной мере учитывающие все факторы водной эрозии, дефляции и других форм деградации почв: рельеф местности, почвенный и растительный покров, биоклиматический потенциал территории [3], [19], осваиваются почвозащитные системы земледелия в эрозионноопасных районах.

15.12.2014

Список литературы:

1. Герасимова, М.И. Деградация почв: методология и возможности картографирования / М.И. Герасимова, Н.А. Караваева, В.О. Таргульян // Почвоведение. – 2000. – №3. – С. 358-365.
2. Pimentel, D. Soil erosion: a food and environmental threat / D. Pimentel // Environmental, Development and Sustainability. – 2006. – V. 8. – P. 119-137.
3. Деградационные процессы и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / Под ред. А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.
4. Mullan, D. Soil erosion under the impacts of future climate change: Assessing the statistical significance of future changes and the potential on-site and off-site problems / D. Mullan // Catena. – 2013. – V. 109. – P. 234-246.
5. Desir, G. Role of erosion processes on the morphogenesis of a semiarid badland area. Bardenas Reales (NE Spain) / G. Desir, C. Marin // Catena. – 2013. – V. – 106. – P. 83-92.
6. Modeling soil erosion and river sediment yield for an intermountain drainage basin of the Central Apennines, Italy / P. Borrelli, M. Marker, P. Panagos, B. Schutt // Catena. – 2014. – V.114. – P. 45-58.
7. Evaluation of two different soil databases to assess soil erosion sensitivity with MESALES for three areas in Europe and Morocco / R. Hessel, J. Daroussin, S. Verzandvoort, D. Walvoort // Catena. – 2014. – V. 118. – P. 234-247.
8. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
9. Танзыбаев, М.Г. Почвы Хакасии. / М.Г. Танзыбаев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993. – 256 с.

10. Jordanova, D. Pattern of cumulative soil erosion and redistribution pinpointed through magnetic signature of Chernozem soils / D. Jordanova, N. Jordanova, P. Petrov // *Catena*. – 2014. – V. 120. – P. 46-56.
11. Владыченский, А.С. Нарушение почв и почвенного покрова под влиянием выпаса / А.С. Владыченский // *Деградация и охрана почв*. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 143-159.
12. Исмуканова, Г.Ж. Влияние интенсивного земледелия на деградационные изменения почв Северного Казахстана / Г.Ж. Исмуканова, О.Э. Мерзляков // *Вестник Томского государственного университета*. – 2013. – № 377. – С. 187-191.
13. Studying the relationship between water-induced soil erosion and soil organic matter using Vis–NIR spectroscopy and geomorphological analysis: A case study in southern Italy / M. Conforti, G. Buttafuoco, A.P. Leone, et. al. // *Catena*. – 2013. – V. 110. – P. 44-58.
14. Заславский, М.Н. Эрозиоведение. / М.Н. Заславский. М., 1983. – 319 с.
15. Градобоев, Н.Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Минусинской впадины. / Н.Д. Градобоев // *Почвы Минусинской впадины*. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 7-79.
16. Волковинцер, В.И. Степные криоаридные почвы. / В.И. Волковинцер. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. – 208 с.
17. Клеменц, Д.А. Соленые озера Минусинского и Ачинского округов и девонские отложения в верхнем Енисее / Д.А. Клеменц // *Изв. Вост.-Сиб. отд. ИРГО*. – 1882. – №3. – С. 153-175.
18. Волкова, В.Г. Современное состояние степей Минусинской котловины. / В.Г. Волкова, Б.И. Кочуров, Ф.И. Хакимзянова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. – 94 с.
19. Проблемы деградации, охраны и пути восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения / Н.Б. Хитров, А.Л. Иванов, А.А. Завалин, М.С. Кузнецов // *Вестник Орел ГАУ*. – 2007. – №6. – С. 29-32.

Сведения об авторах:

Каллас Елена Витальевна, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Института биологии, экологии, почвоведения, лесного и сельского хозяйства (Биологического института) Национального исследовательского Томского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: lkallas@sibmail.com

Соловьева Татьяна Петровна, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Института биологии, экологии, почвоведения, лесного и сельского хозяйства (Биологического института) Национального исследовательского Томского государственного университета, зам. директора Биологического института, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: solovyeva_t.61@mail.ru

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36