

Щерба Тахир Эдуардович

**ПРОЯВЛЕНИЯ ОПУСТЫНИВАНИЯ В ПОЧВАХ И ИХ
ДИАГНОСТИКА**

03.02.13 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2016

Диссертационная работа выполнена на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: **Куст Герман Станиславович**, доктор биологических наук, заведующий кафедрой эрозии и охраны почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты: **Зейлигер Анатолий Михайлович**, профессор, доктор биологических наук, зав. кафедрой прикладной информатики факультета экономики и финансов ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева».
Сиземская Марина Львовна, доктор биологических наук, зав. лабораторией аридного лесоразведения и лесной зоологии ФГБУН «Институт лесоведения Российской академии наук».

Ведущая организация: **ЗАО Инженерный научно-производственный центр по водному хозяйству, мелиорации и экологии "Союзводпроект".**

Защита состоится «31» мая 2016 года в 11 час 00 мин в аудитории 398-М на заседании Диссертационного совета Д 501.001.57 при МГУ имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1 стр. 12, факультет почвоведения, тел/факс (495) 9392947.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» и на сайтах <http://soil.msu.ru/uchenyj-sovet>, <http://istina.msu.ru>.

Автореферат разослан «__» марта 2016 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании Диссертационного совета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба направлять по вышеуказанному адресу.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 501.001.57

Никифорова А.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность. В России доля населения, проживающего на территориях, затронутых опустыниванием или риском опустынивания (немногим более 100 млн гектар в 27 субъектах Федерации) составляет 53,7% от общей численности населения России, из них 8,1 млн человек (5,6 - городское, 2,5 - сельское), или 5,6% от общей численности населения России проживает в регионах, подверженных актуальному опустыниванию (Отчет ..., 2014).

Опустынивание является одним из самых ярких примеров комплексной деградации земель, включающее в себя такие неблагоприятные процессы деградации почв как засоление, осолонцевание, опесчанивание, водная эрозия и др. Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБОООН) опустынивание означает «деградацию земель в аридных, субаридных и засушливых субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека» (Конвенция ..., 1994). При этом «земля» означает «земную биопродуктивную систему, включающую в себя почву, воду, растительность, прочую биомассу, а также экологические и гидрологические процессы, происходящие внутри системы». Несмотря на то, что почвы являются одним из важнейших компонентов опустынивающихся экосистем, способы диагностики опустынивания по почвенным параметрам, к сожалению, остаются слабо разработанной областью.

Большинство современных работ, посвященных оценке опустынивания, основываются на изучении картографических и эколого-генетических параметров (Куст, 1999; Андреева, 2002; Гунин с соавт., 2015), а собственно почвенным свойствам уделяется значительно меньше внимания.

Кроме того, в научной литературе до сих пор нет общепринятого определения понятия «опустынивание почв», разные авторы вкладывают в него разное содержание, часто мало соответствующее международному определению «опустынивания», принятому Конвенцией ООН по борьбе с опустыниванием (КБОООН).

Цель исследования: установить и обосновать почвенные индикаторы для диагностики проявлений опустынивания в почвах при засолении, осолонцевании, опесчанивании, водной эрозии и других деграционных процессах.

Задачи исследования.

1. Оценить современное состояние научных исследований и методов диагностики деградации земель засушливых территорий на основании почвенных признаков, а также раскрыть содержание понятия «опустынивание почв»;
2. Определить и исследовать почвы ключевых участков с различными проявлениями опустынивания.
3. Исследовать диагностические показатели состояния почв, а также выявить почвенные индикаторы опустынивания для разных проявлений опустынивания почв.
4. Разработать алгоритм диагностики проявлений опустынивания почв по актуальным признакам деградации почв.

Научная новизна работы.

Показано, что, несмотря на разнообразие процессов деградации почв в засушливых регионах, их общие черты и результат, определяемый как «опустынивание», заключаются в создании условий, приводящих к дефициту влаги в почвах для растений в вегетационный период, что можно выразить с помощью основной гидрофизической характеристики (ОГХ) почв.

Теоретическая значимость работы. Предложено и обосновано определение «опустынивания почв», которое можно сформулировать как комплексное явление антропогенной и природно-антропогенной деградации почв, характеризующееся ростом дефицита доступной для растений почвенной влаги в вегетационный период.

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности использовать его результаты для диагностики опустынивания почв по актуальным признакам дефицита доступной почвенной влаги для растений в вегетационный период (на основе показателей водоудерживающей способности почв). В работе предложен и успешно использован алгоритм диагностики почв, подверженных опустыниванию, с использованием водно-физических свойств почв.

В основе данного алгоритма лежит установление комплекса признаков деградации земель в определенной последовательности.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на международной научной конференции: «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водоснабжения» (Ростов-на-Дону, 2011), на заседаниях кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (2012 - 2014), на заседаниях кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (2015).

Публикации. Основные теоретические положения и результаты экспериментальных исследований отражены в 4 научных работах, из них 3 статьи в рецензируемых журналах из «перечня» ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 147 страницах, иллюстрирована 40 рисунками, включает 15 таблиц. Список использованных литературных источников состоит из 150 наименований, в том числе 31 на иностранных языках.

Исследования проводились в рамках научной тематики факультета почвоведения и института экологического почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, а также при организационной и финансовой поддержке экспедиционных работ со стороны ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт», проекта Европейской Комиссии «Desertification mitigation and remediation of land – global approach for local solutions» (DESIRE).

Автор выражает искреннюю признательность своему научному руководителю д.б.н.Г.С. Кусту за внимательное и чуткое отношение, помощь и поддержку на всех этапах работы, сотрудникам кафедры географии почв, общего почвоведения, физики и мелиорации почв, агрохимии почв, эрозии и охраны почв.

Особую благодарность автор выражает сотрудникам кафедры общего почвоведения к.б.н.С.Ю. Розову и к.б.н. Г.В. Стоме, а также сотруднику кафедры физики и мелиорации почв профессору, д.б.н. А.В. Смагину.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Постановка проблемы опустынивания почв.

Следуя понятийной базе, определенной в КБООН (1994), **опустынивание - это деградация** различных компонентов наземных систем: **почв**, растительности, рельефа, местных водных ресурсов (объединенных понятием «земля»), **расположенных в аридных, субаридных и засушливых субгумидных районах** в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека.

Причины опустынивания и проявления опустынивания в затрагиваемых компонентах чрезвычайно многообразны, что затрудняет диагностику этого явления.

Используемые в научной литературе индикаторы опустынивания, как правило, отражают в первую очередь состояние растительности, выражая в разных формах такие параметры как проективное покрытие, общая биомасса или продуктивность, «вегетационные индексы» и т.п. В любом случае признаки состояния растительности выступают в качестве наиболее очевидных и значимых физиономических индикаторов опустынивания, поскольку отражают состояние и динамику биопродуктивности (потенциальной и актуальной) земель.

Вместе с тем, например, для сельскохозяйственных земель, где естественная растительность отсутствует, а динамика продуктивности не отличается постоянством трендов, а часто и в естественных экосистемах из-за сильных флуктуаций климата растительные индикаторы недостаточно уверенно диагностируют опустынивание. Таким образом, почвенные индикаторы могут и должны служить основными в таких ситуациях, а также дополнять и подтверждать оценки, сделанные на базе растительных индикаторов.

В связи с этим в главе делается вывод о том, что необходимо четкое закрепление места и роли почв в явлении опустынивания. Таким образом, одна из

задач литературного обзора- это исследование схожих с понятием «опустынивание почв» терминов, а также выявление между ними общих черт.

Анализ литературы, посвященной проблематике деградации почв в условиях засушливого и полузасушливого климата, показал, что недостаток влаги в почве, приводящий к угнетению/гибели растительности, может быть использован как индикатор опустынивания в почвах.

Идея о том, что водно-физические свойства почв могут играть ведущую роль в развитии процесса опустынивания территорий, сформулирована Б.Г. Розановым и И.С. Зонном (1981): *«степень аридизации почв можно количественно устанавливать в конкретных показателях водно-физических свойств и водного режима».*

Вместе с тем, по мнению Г.С. Куста и О.В. Андреевой (2012), этот подход на практике почти не реализован, хотя существует большое количество публикаций, в которых показано направленное изменение при опустынивании различных водно-физических свойств почв.

Проведенный в главе анализ научной литературы показал, что есть множество отдельных примеров того как различные причины опустынивания (механизмы, почвенные процессы, режимы, состояния и результаты) могут приводить к созданию в почвах условий недостатка влаги.

На основании анализа этих примеров показано, что,

- с одной стороны, недостаток в почве влаги, доступной для растений, может быть вызван почвенной засухой, следующей за атмосферной засухой; снижением базиса эрозии местного водосбора; иными причинами вплоть до глобального потепления климата. При этом дефицит почвенной влаги является следствием внешних, не зависящих от свойств почв факторов.

- с другой стороны, ***недостаток в почве влаги, доступной для растений, возникает при ухудшении водно-физических свойств*** (химических, иных свойств) почв в результате опустынивания.

На основании проведенного литературного исследования делается вывод, что ***недостаток в почве доступной для растений влаги можно рассматривать в качестве индикатора «опустынивания почв».***

Этот предварительный вывод послужил основой для формулирования цели и задач работы, определил порядок диссертационного исследования.

Порядок исследований.

Работа над диссертацией проводилась в несколько этапов:

1. Предварительный этап. Работа с объектами исследования в степном и сухостепном Заволжье (2010 - 2011) с целью выявления и изучения мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова, а также проявлений деградации земель в условиях засушливого и полузасушливого климата. По результатам данного этапа было установлено, что к основным процессам деградации земель и дифференциации почвенного покрова в исследуемом регионе относятся засоление, осолонцевание, водная эрозия, опесчанивание и некоторые другие деградационные процессы.

2. Для целей диагностики опустынивания почв, на основе данных, полученных на предварительном этапе и предварительных выводов, сделанных из анализа литературы, были проведены системные полевые и лабораторные исследования различных проявлений опустынивания почв в северном Прикаспии (2013) и сухостепном Заволжье (2014), а также установлены диагностические показатели/индикаторы опустынивания.

3. На основе проведенного исследования был разработан алгоритм диагностики опустынивания почв с помощью установленных показателей.

2. Объекты и методы исследования.

2.1. Объекты исследования.

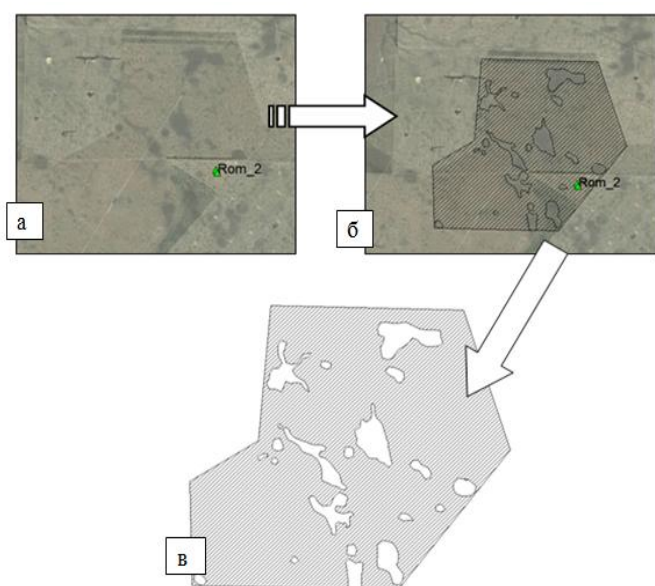
Выбор объектов исследований был обусловлен необходимостью подбора участков, характеризующихся различными проявлениями опустынивания почв (засоление, осолонцевание, опесчанивание, водная эрозия и др.), расположенных в разных почвенно-экологических условиях.

С целью изучения мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова, а также для описания различных проявлений деградации/опустынивания почв в качестве объектов исследования были выбраны ключевые участки в степном и сухостепном Заволжье, Северном Прикаспии (всего 4 региона, включающих 18 ключевых участков с 150 почвенными разрезами и прикопками, (рис. 1).



Рис. 1 Ключевые участки в северном Прикаспии (а) и сухостепном Заволжье (б).

На исследованной территории с помощью наземных и дистанционных методов картографирования почв установлены преобладающие типы мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова, а также показано, что наиболее вероятным условием природной неоднородности почвенного покрова исследуемой территории является литолого-гидрологическая матрица хвалынского времени, проявляющаяся в ориентированном характере внутрипочвенного стока и соответствующем распределении топогенных мезо- и микронеоднородностей почв, что наглядно проявляется на материалах дистанционного зондирования (Рис. 2).



Легенда почвенной карты ключевого участка №1



Условное обозначение	Классификация и диагностика почв СССР, 1977
1 	Каштановая <u>остаточно-солонцеватая</u> <u>неглубокозагипсованная</u> солончаковатая мощная легкосуглинистая на лессовидных карбонатных суглинках
2 	Каштановая <u>остаточно-солонцеватая</u> <u>глубокозагипсованная</u> <u>глубокосолончаковатая</u> мощная легкосуглинистая на лессовидных карбонатных суглинках

Рис. 2. Схематическое изображение процесса дешифрирования, результатом которого является почвенная карта (в) ключевого участка №1.

Полевые работы показали также разнообразие форм и причин деградации почв сухостепных территорий, а также позволили определить перечень наиболее распространенных в данном регионе деградационных явлений в почвах, которые важно исследовать для диагностики опустынивания: засоление, осолонцевание, водная эрозия, опесчанивание, уплотнение и коркообразование.

2.2. Методы исследования.

Определение основной гидрофизической характеристики (ОГХ) проводили методом равновесного центрифугирования (Смагин и др., 1998) на кафедре физики и мелиорации почв факультета почвоведения.

Определение гранулометрического состава проводили с помощью лазерного дифракционного анализатора размера частиц «Analysette 22 comfort». Область измерения составляет от 0.01 до 1250 мкм (Практикум по физике..., 2011).

Определение плотности скелета почвы проводилось буровым методом Н.А. Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Определение водопрочности почвенных агрегатов в стоячей воде проводилось методом П.И. Андрианова (в модификации Н.А. Качинского) (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Определение степени засоления почв проводилось по величине электропроводности ЕС (Electrical conductivity) в водной суспензии (в соотношении почва:вода 1:1). Затем по шкале, разработанной Почвенной службой США, определялись категории засоленности почв (Soil Survey Staff, 1993; Janzen, 1993).

Определение степени солонцеватости почв проводилось на основании сочетания и степени проявления таких морфологических признаков как: глинисто-гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей (ГТК по ГСО), структура и плотность иллювиальных горизонтов, и др. (Куст, 1996), а также по величинам активности ионов натрия в водных суспензиях (Зырин, Орлов, 1958).

Определение содержания в почве углерода органических соединений (гумуса) проводилось по методу И.В. Тюрина (Зырин, Орлов, 1980).

3. Проявления опустынивания в почвах.

В этой главе на основании собственных данных анализируются процессы деградации почв на исследованных ключевых участках, причины их проявления, а также устанавливается роль этих процессов при опустынивании. Приводятся примеры проявлений опустынивания почв и способы их индикации.

В качестве инструмента для определения снижения доступности почвенной влаги для растений при различных проявлениях опустынивания почв нами использована основная гидрофизическая характеристика почв как показатель водоудерживающей способности почв.

Таблица 1. Некоторые диагностические показатели опустынивания исследованных почв.

	Коды некоторых почвенных разрезов, используемых для сравнения							
Диагностические показатели	Koch_1	Bul_3	Pri 1_1_1	Pri 1_2	Pri 1_3	Pri 1_4	Byk_1	Byk_3
Название почвы	каштановая остаточносолонцеватая среднемогущая легкосуглинистая	темнокаштановаяслабосолонцеватая мощная среднесуглинистая	светлокаштановаясолонцеватая среднемогущая тяжелосуглинистая	светлокаштановая солонцеватая среднемогущая тяжелосуглинистая	светлокаштановая солонцеватая маломогущая среднесуглинистая	светлокаштановая солонцеватая слабосолонцеватая маломогущая легкосуглинистая	темнокаштановая мощная тяжелосуглинистая	каштановая маломогущая среднесмытая среднесуглинистая
<i>Показатели биопродуктивности</i>								
NDVI	0,29	0,307	0,15	0,13	0,03	0,01	0,38	0,37
Проективное покрытие, %	45	80	60	60	20	5	80	80
<i>Морфологические показатели</i>								
Признаки засоления и глубина появления новообразований	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	30 см и ниже, в форме прожилок и белых пятен (кристаллы солей).	Нет	Нет
Признаки осолонцевания	Обильные ГГК по ГСО в горизонте В, плотное сложение гор-та В	Редкие ГГК по ГСО в гор. В1	Ореховато - призматическая структура гор. В1, ГГК по ГСО в гор. В1	Нет	Нет	Глыбисто-ореховатая структура гор-та В, ГГК по ГСО	Нет	Нет
Гранулом. состав гор. А	Суглинок легкий	Суглинок средний	Суглинок тяжелый	Суглинок тяжелый	Суглинок средний	Суглинок легкий	Суглинок тяжелый	Суглинок средний
Гранулом.	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок

состав гор. В	средний	средний	тяжелый	тяжелый	средний	тяжелый	тяжелый	средний
Сложение, гор. А	Уплотненное	Рыхлое	Уплотненное	Уплотненное	Рыхлое	Рыхлое	Уплотненное	Уплотненное
Сложение гор. В	Плотное	Уплотненное	Уплотненное	Уплотненное	Плотное	Плотное	Уплотненное	Плотное
Структура гумусового горизонта	Глыбисто-комковатопорошистая	Зернисто-комковатая (бусы по корням)	Зернисто-комковатопорошистая	Глыбисто-комковатопорошистая	Комковатопорошистая	Глыбисто-комковатопорошистая	Глыбисто-ореховатопорошистая	Комковатопорошистой
Структура горизонта имеющего признаки осолонцевания	Мелкопризмовидная - крупноореховатая	Ореховато-комковатая	Ореховато-призмовидная	-	-	Глыбисто-ореховатопорошистая	-	-
Граница вскипания от 10% HCL	35 см	65 см	С поверхности	С поверхности	С поверхности	С поверхности	68 см	35 см
<i>Физико-химические показатели</i>								
ЕС (гор. А), $\mu\text{Sm}/\text{sm}$	48	193	107	580	350	348	111	92
ЕС (гор. В), $\mu\text{Sm}/\text{sm}$	99	120	800	112	125	4000	66	150
pH (гор. А)	7,38	7,61	9,35	8,6	8,22	8,39	8,21	8,05
pH (гор. В)	8,9	8,77	9,61	8,65	9,1	8,37	8,46	8,58
pNa (гор. В)	3,64	3,75	2,41	3,8	3,47	2,56	3,46	3,30
Содержание углерода в гумусовом горизонте, %	1,31	3,8	0,94	0,69	0,30	1,85	2,93	0,59
Водопрочность агрегатов по Андрианову (гор. А)	30,5	99,75	76,75	59,75	12,25	28	72,25	8,50

3.1. Засоление.

Для оценки различий ОГХ при засолении был выбран ключевой участок PRI, в 3х километрах на юго-запад от озера Эльтон (Палласовский район, Волгоградская область). Расположенные на нем почвы разрезов и Pri 1_4 представляют залежь, в настоящее время находящуюся под выпасом. Pri 1_4 по ряду показателей (электропроводность, морфологические признаки) отнесен к солончакватым почвам (табл. 1), в отличие от незасоленной Pri 1_1_1.

Другие особенности, в частности гранулометрический состав выбранной пары объектов – горизонтов В исследуемых почв - оказываются очень близкими (рис.3),

что позволяет сравнивать их по отношению к засолению и оценить вклад засоления почвенного раствора в поведение кривой ОГХ.

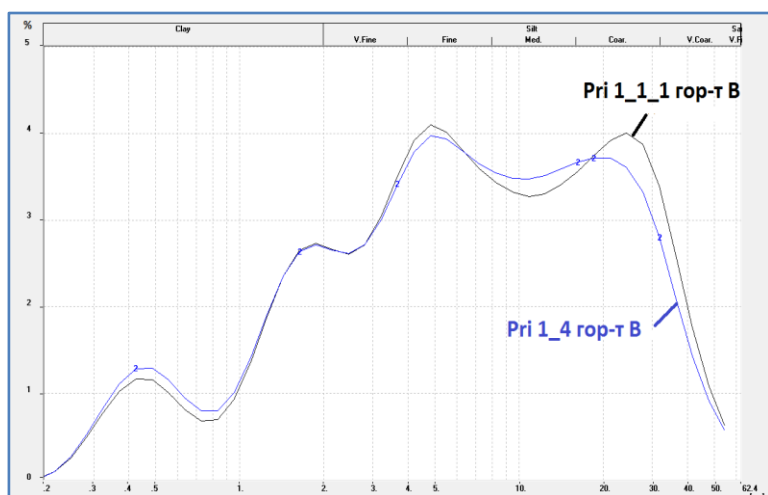


Рис. 3. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам (почвенные разрезы Pri 1_1_1 и Pri 1_4, горизонты В).

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно убедиться, что расположение кривой ОГХ горизонта В почвы Pri 1_4 левее (рис. 4), чем кривая ОГХ горизонта В почвы Pri 1_1_1. Поскольку гранулометрический состав обоих горизонтов – тяжелосуглинистый, увеличение концентрации легкорастворимых солей в 5 раз ($= 4000 \mu\text{Sm}/\text{sm} / 800 \mu\text{Sm}/\text{sm}$) должно уменьшать водоудерживающую способность (количество, удерживаемой тонкими частицами равновесной влаги) не более чем в $\sqrt{5}=2,2$ раз при условии близкого химического состава раствора. И действительно, максимальное снижение влажности, судя по рис. 4, не превышает 2 кратного значения. Доступность влаги при этом формально увеличивается. Так для влажности 50% равновесные значения рF падают от 3 до 1,5 единиц, то есть потенциал влаги, или работа, которую надо затратить против капиллярно-сорбционных сил, чтобы извлечь данное количество воды из почвы уменьшается в $10^{1,5}=32$ раза. Но надо помнить о том, что это соленая влага: $4000 \mu\text{Sm}/\text{sm} = 4 \text{ dSm}/\text{m}$, - градация начала слабого засоления, что для нетолерантных по такому фактору видов (бобовые, зонтичные, луковичные, плодовые деревья) может приводить к снижению продуктивности от 50% и выше, вплоть до гибели (Смагин и др., 2006, Смагин, 2012).

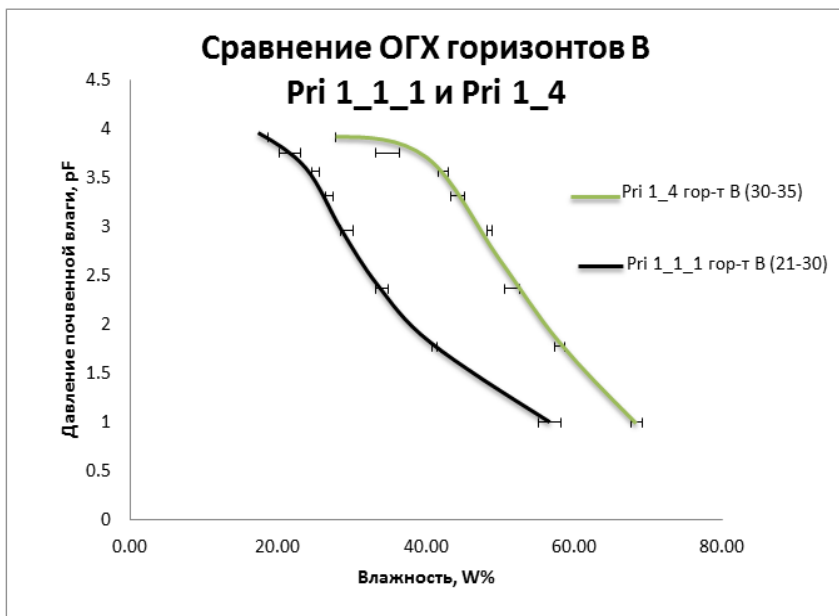


Рис.4. Сравнение кривых ОГХ горизонтов В почв Pri 1_1 и Pri 1_4 (с указанием отрезков доверительных интервалов).

Полученные результаты хорошо соотносятся с оценкой степени опустынивания, полученной с использованием независимой методики (табл.2).

Таблица 2. Степень опустынивания для ключевого участка PRI.

	Pri 1_1_1	Pri 1_4
Степень (класс) опустынивания (по критериям пояснительной записки к карте антропогенного опустынивания аридных территорий СССР, 1978)	слабая	умеренная

3.2. Осолонцевание.

Для оценки изменений ОГХ при осолонцевании сравнивались, в частности, объекты ключевых участков Koch и Vul. Выбор участков (Koch расположен в 6 километрах на восток от поселка Лиманный, Волгоградской области, Vul- в 20 км на северо-восток от озера Булухта) обусловлен их репрезентативностью для значительной части Прикаспийской низменности: локальные замкнутые понижения (мелкие и крупные лиманы) сочетаются с пологими слабоволнистыми равнинами. На равнинах формируются каштановые и темно-каштановые почвы, склоны, как правило, заняты их солонцеватыми родами, тогда как понижения представлены лугово-каштановыми осолоделыми почвами. Существенное отличие участков Koch и Vul состоит в том, что на последнем морфологическая солонцеватость почв для аналогичных геоморфологических позиций проявляется в целом для участка в значительно меньшей степени (несмотря на в целом более тяжелый гранулометрический состав – см рис. 5), почвы участка Vul также отличаются

повышенной гумусированностью, а поверхность – большим проективным покрытием. Перечисленные отличия мы связываем с давним (с 1988 г) пребыванием участка Vulv залежи с использованием под сенокосы (что хорошо диагностируется по ретроспективному анализу космических снимков), тогда как участок Koch находился в интенсивном пахотном земледелии до 2005 года, и в настоящее время активно используется под выпас.

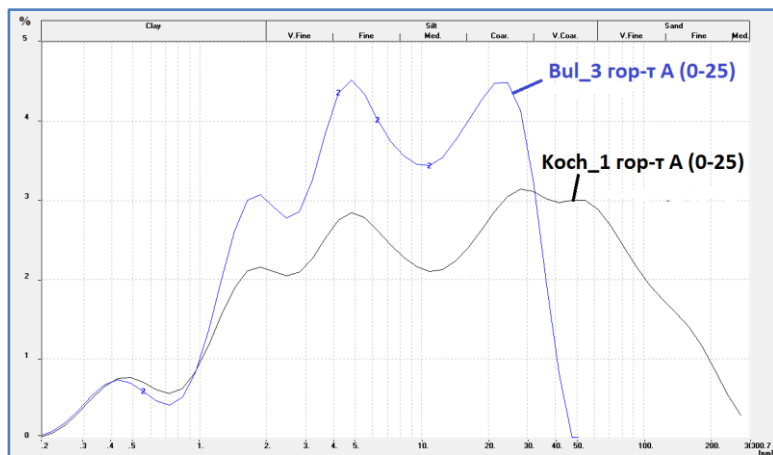


Рис. 5. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам (почвенные разрезы Koch_1 и Vul_3, гумусовые горизонты).

Несмотря на то, что современный процесс осолонцевания слабо затрагивает сравниваемые почвенные разрезы Koch_1 и Vul_3 (на что указывают близкие для этих почв значения относительно низкой активности натрия при несколько повышенной щелочности иллювиальных горизонтов), их физические свойства подтверждают, что осолонцевание в Koch_1 выражено сильнее, что отражается, в том числе, в формировании менее ценной агрономической структуры гумусового горизонта и большей элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по гранулометрическому составу. Например, показатель водопрочности агрегатов для гумусового горизонта почвы Vul_3 с качественной зернисто-комковатой структурой и высоким содержанием гумуса равен 99,75%, тогда как для Koch_1 этот показатель составляет только 30,5 (табл. 1).

Полученные результаты в целом подтверждают высказанную ранее (Смагин, Н.В. Садовникова и др., 2004) мысль о том, что при деструкции органического вещества почвы происходит неизбежная деградация их физического состояния, фиксируемая по ряду таких показателей, как уплотнение и слитизация, дезагрегация, потеря водопрочности структуры, ухудшение водоудерживания и способности почвы проводить влагу и газообразные вещества

Сравнение ОГХ гумусовых горизонтов исследуемых почв (рис.6) полностью подтверждает эти выводы: смещение кривой ОГХ гумусового горизонта Koch_1 влево говорит о пониженной водоудерживающей способности, очевидно, за счет меньшего содержания амфифильных органических веществ (гумуса) и повышенного содержания крупных фракций гранулометрического состава в результате элювиального процесса, вызванного осолонцеванием.

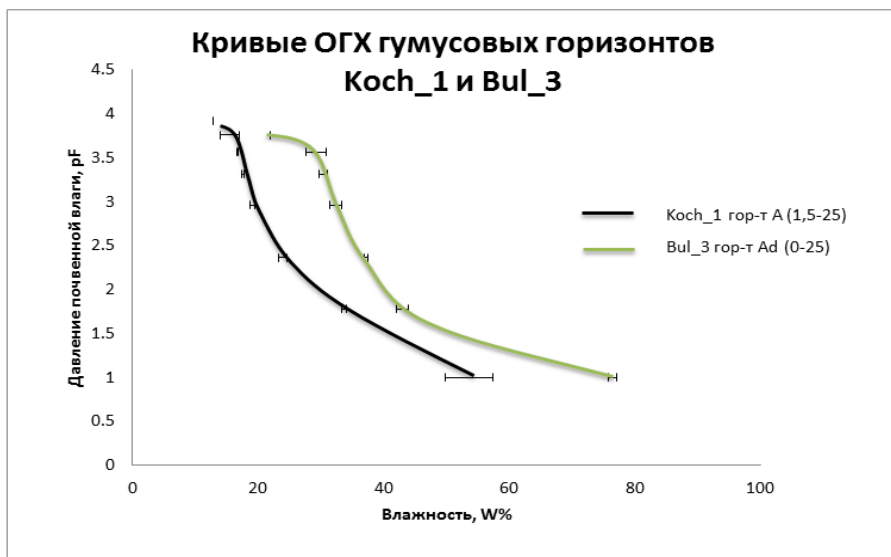


Рис.6. Сравнение кривых ОГХ гумусовых горизонтов почв Koch_1 и Vul_3 (с указанием отрезков доверительных интервалов).

Таким образом, ОГХ интегрально отражает влияние сразу нескольких взаимосвязанных факторов – гранулометрического состава, содержания органического вещества, структурного состояния, проявляющихся в условиях процесса осолонцевания.

3.3. Опесчанивание.

Для исследования различий ОГХ при опесчанивании на ключевом участке Pг1 была заложена трансекта протяженностью 6 км с разрезами, находящимися на разной удаленности от загона для скота (кошары). Такие ситуации хорошо диагностируются на космических снимках (рис. 7), а описания различий почв участков, подверженных пастбищной дигрессии, особенно в связи с удаленностью от мест водопоя или загонов, хорошо представлены в научной литературе (Добровольский и др., 1991; Можарова, Федоров Н.В., 1990; Huanga et al., 2007).

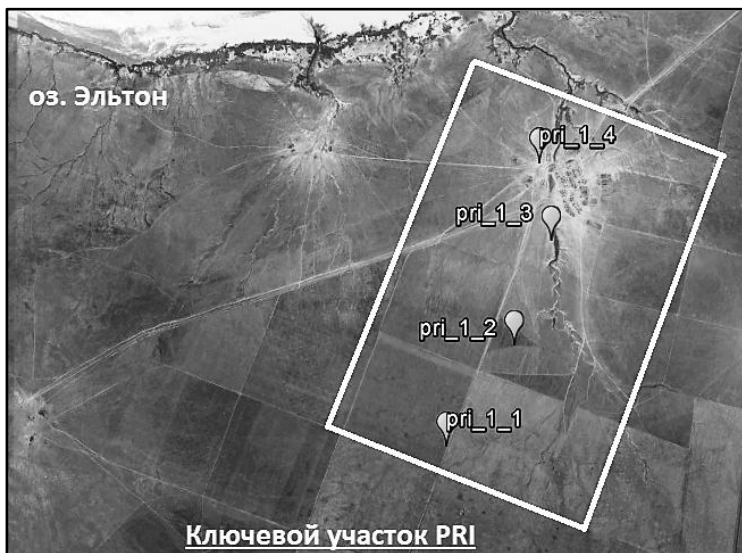


Рис. 7. Ключевой участок Pri (снимок Spot. Дата съемки 01.10.2012. Источник GoogleEarth). Несмотря на хорошо читаемую «сетку» полей, участок представляет собой залежь 12-летней давности.

Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что по мере приближения к кошаре проективное покрытие снижается в 12 раз (!), что подтверждается уменьшением вегетационного индекса (в 15 раз!). Аналогичные тенденции (при исключении точки Pri 1_4, где сказывается влияние экскрементов скота) наблюдаются и в содержании углерода, которое в ряду почв Pri 1_1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3 снижается на треть.

Опесчанивание почв в ряду Pri 1_1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3 проявляется в следующем:

- 1) гранулометрический состав гумусового горизонта исследуемых почв облегчается (суглинок тяжелый – суглинок тяжелый – суглинок средний);
- 2) сложение гумусового горизонта меняется с уплотненного на рыхлое;
- 3) водопрочность агрегатов в гумусовых горизонтах снижается в 6 раз;
- 4) морфологические признаки качества структуры указывают на ее снижение.

Прямое подтверждение опесчанивания показывает анализ дифференциальных кривых гранулометрического состава: по направлению к загону для скота в гумусовых горизонтах резко снижается содержание пылеватых частиц и возрастает содержание песчаных (рис. 8).

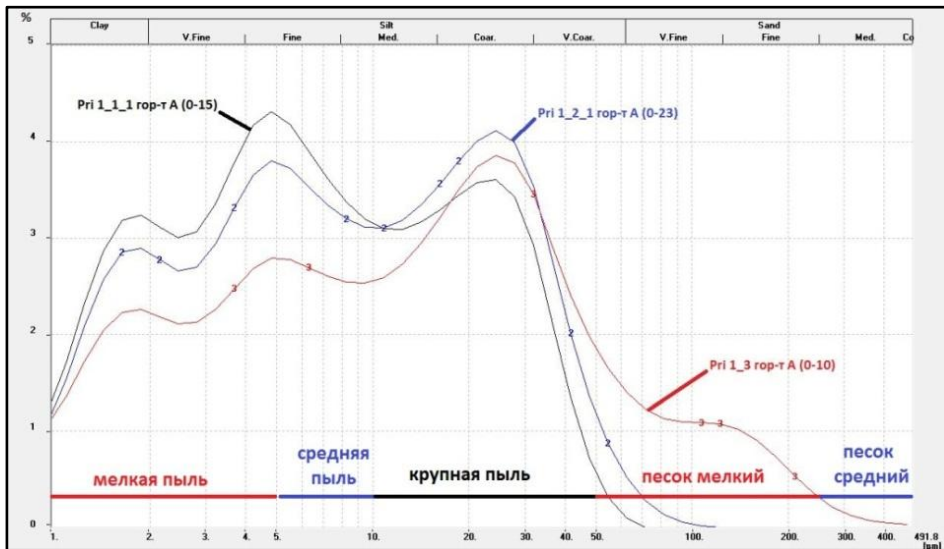


Рис.8. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам гумусовых горизонтов ряда почв Pri 1_1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3.

Сравнение кривых ОГХ (рис.9) полностью подтверждает полученные результаты: по мере усиления опесчанивания происходит смещение кривой влево, что указывает на снижение водоудерживающей способности гумусовых горизонтов. Это значит, что влага осадков будет в меньшей степени задерживаться в корнеобитаемом слое по мере нарастания опесчанивания в рассматриваемом ряду (трансекте). Так различия в 10% влажности, сохраняющиеся между крайними ветвями ОГХ (Pri 1_1_1– Pri 1_3) на протяжении практически всего диапазона измеряемых величин означают при характерной мощности горизонтов в 20 см и плотности 1,3-1,5 г/см³ потерю водоудерживания в 260-300 т/га влаги или 26-30 мм осадков, при том, что суточные нормы осадков здесь редко превышают 5-10 мм. В условиях дефицита влаги это может быть решающим фактором продуктивности, а следовательно и опустынивания территории.

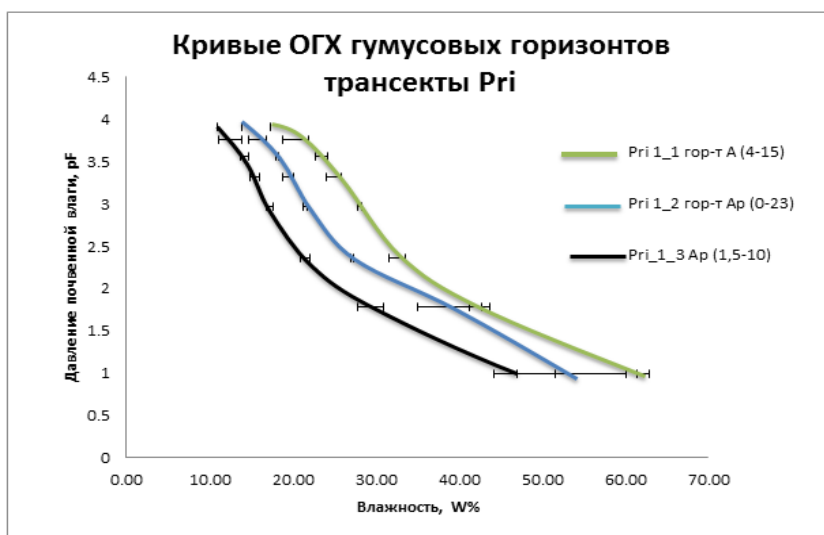


Рис.9. Сравнение кривых ОГХ гумусовых горизонтов ряда почв Pri 1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3 (с указанием отрезков доверительных интервалов).

3.4. Водная эрозия.

Для диагностики опустынивания почв при водной эрозии использованы почвы ключевых участков Вук (расположен в 7 километрах на восток от п. Быково Волгоградской области) и Вул (расположен в 20 км на северо-восток от озера Булухта).

В результате анализа диагностической таблицы (табл. 1) показано, что на фоне отсутствия признаков засоления, осолонцевания, а также равенства показателей биопродуктивности среди сравниваемых почв, почвы описанные разрезом Вук_3 являются слабосмытыми, что отражается в ряде диагностических показателей:

- почвы, описанные разрезом Вук_3 имеют меньшую мощность гумусовых горизонтов (на 20 – 30 см меньше, чем у «эталонных» почв);
- почвы, описанные разрезом Вук_3 имеют более высокую границу вскипания (на 30 см выше, чем в «эталонных» почвах).
- структура гумусового горизонта эродированной почвы имеет меньшую агрономическую ценность, чем у «эталонных» почв;
- содержание углерода в гумусовом горизонте эродированной почвы в 5-6 раз меньше, чем в «эталонных» почвах;
- водопрочность агрегатов гумусового горизонта эродированной почвы в 8-11 раз меньше, чем в «эталонных» почвах.
- содержание илистой фракции гумусового горизонта эродированных почв Вук_3 в 1,5 – 2 раза меньше, чем у «эталонных» почв (рис.10).

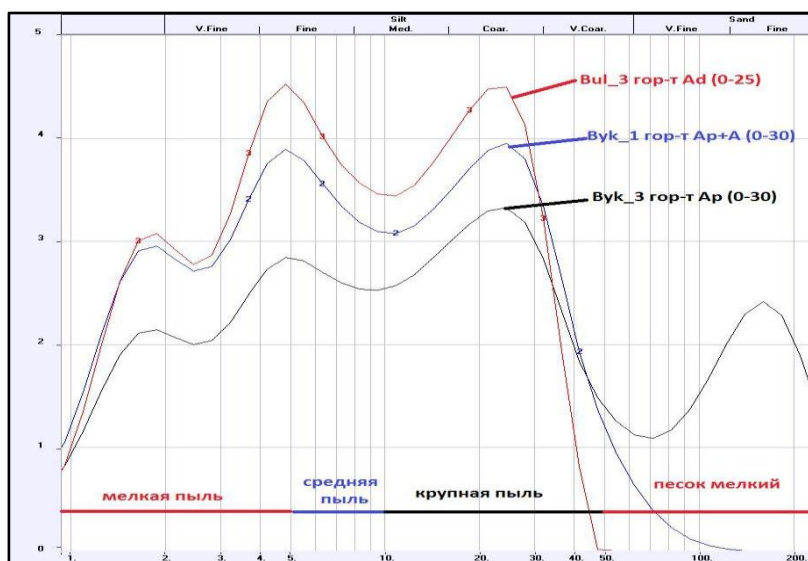


Рис.10. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам гумусовых горизонтов почв Вук_3, Вук_1 и Вул_3.

Вместе с этим, деградация физического и химического состояния выразилась в снижении водоудерживающей способности гумусового горизонта почвразреза Вук_3 по сравнению с почвами разрезов Вук_1 и Вул_3 (рис. 11).

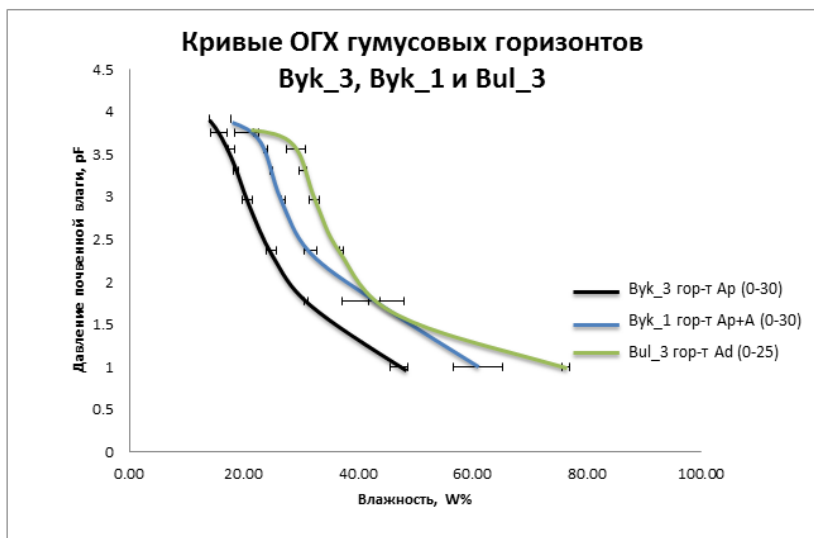


Рис.11. Сравнение кривых ОГХ гумусовых горизонтов почв Вук_3, Вук_1 и Вул_3 (с указанием отрезков доверительных интервалов).

Таким образом, наименьшей водоудерживающей способностью среди сравниваемых почв обладает гумусовый горизонт эродированных почв Вук_3 (рис. 11). Это обусловлено меньшим содержанием илистой фракции, низким содержанием гумуса, плохой структурой и низкой водопрочностью агрегатов гумусового горизонта почв разреза Вук_3.

Староорошаемые почвы Вук_1 обладают несколько меньшей водоудерживающей способностью, чем почвы Вул_3. Это связано с сельскохозяйственным использованием этих почв, которое негативно отражается на содержании гумуса и ухудшении структуры гумусового горизонта почв Вук_1.

Гумусовый горизонт эродированных почв Вук_3 характеризуется наименьшей водоудерживающей способностью среди ряда сравниваемых почв. Все эти факторы создают условия, которые приводят к снижению водоудерживающей способности данного горизонта и как следствие к снижению доступности почвенной влаги для растений.

4. Заключение.

Проявления опустынивания в почвах рассмотрены на основе анализа научной литературы, а также в рамках полевых и лабораторных исследований, которые

позволили структурировать процесс диагностики проявлений опустынивания почв в форме специального алгоритма (табл. 3).

Таблица. 3. Алгоритм диагностики проявлений опустынивания почв по актуальным признакам деградации почв.

<p>I ЭТАП (определение наличия или отсутствия проявлений деградации почв при помощи базовых индикаторов опустынивания)</p>	
<p>Базовые индикаторы опустынивания почв.</p>	
<p>1. Показатели биопродуктивности: Вегетационный индекс (NDVI); биомасса; проективное покрытие.</p>	
<p>2. Особенности положения объекта в рельефе, определяющие условия увлажнения.</p>	
<p>3. Условия засушливости микро- и макроклимата.</p>	
<p>4. Характеристические признаки почв, определяющие доступность влаги для растений.</p>	
<p>Морфологические показатели: Признаки засоления, осолонцевания; мощность гумусовых горизонтов; гранулометрический состав; сложение; структура; мощность корки (при наличии).</p>	
<p>Водно-физические показатели: Водопрочность почвенных агрегатов; влагопроводность с поверхности (по методике LADA).</p>	
<p>В случае выявления признаков деградации почв перейти на II ЭТАП алгоритма.</p>	
<p>В случае отсутствия признаков деградации, исследуемые почвы могут быть отнесены к категории «эталонных» и использоваться как сравнительный аналог (см. IV ЭТАП).</p>	
<p>II ЭТАП (определение дополнительных индикаторов опустынивания почв)</p>	
<p>III ЭТАП (выбор диагностических показателей (инструментариев) и их применение для исследования дополнительных индикаторов (направлений) опустынивания почв)</p>	
<p>Дополнительный индикатор/направление опустынивания почв.</p>	<p>Диагностические показатели (инструментарий).</p>

Засоление	Электропроводность (ЕС) (по горизонтам).
Осолонцевание	pH (по горизонтам); определение степени солонцеватости на основе рNa; содержание углерода (%) (гумусовый горизонт).
Опесчанивание	Распределение частиц по размерам и определение гранулометрического состава (по горизонтам).
Водная эрозия	Содержание углерода (%) (гумусовый горизонт).
Уплотнение	Распределение частиц по размерам и определение гранулометрического состава (по горизонтам).
Коркообразование	Влажность (по горизонтам), влагопроводность.
IV ЭТАП (прямые исследования изменений доступности влаги растениям с использованием основной гидрофизической характеристики ¹⁾)	

В главе дается подробное описание применения данного алгоритма, а также делаются выводы о применимости использования ОГХ в целях диагностики опустынивания почв.

Так, на основании рассмотрения таких проявлений опустынивания как засоление, осолонцевание, опесчанивание, водная эрозия в почвах Прикаспийской низменности показано, что в качестве интегрального признака опустынивания для всего разнообразия различных трендов опустынивания в почвах может выступать показатель их водоудерживающей способности, характеризуемый кривой основной гидрофизической характеристики почв – ОГХ. Физический смысл использования ОГХ для характеристики опустынивания заключается в том, что он отражает водоудерживающую способность, подвижность и доступность почвенной влаги для растений, а соответственно – главные факторы, лимитирующие биологическую продуктивность как в природных экосистемах, так и агроэкосистемах засушливых регионов.

Преимущества использования ОГХ для характеристики опустынивания заключаются в том, что его можно с успехом использовать даже тогда, когда в

¹Для корректного использования ОГХ при сравнении с «эталонными» почвами необходимо определение различающихся и влияющих на ОГХ факторов (гранулометрический состав, плотность, минералогический состав, процессы засоления и осолонцевания, содержание органического вещества).

почвах наблюдается одновременно несколько синергетически проявляющихся признаков деградации/опустынивания, да еще и проявляющиеся в разной степени, действующие на фоне исходно разных условий (разного гранулометрического и минералогического состава почв, геоморфологической приуроченности, и пр.).

ОГХ почв – величина относительно постоянная, не имеющая признаков сезонной изменчивости, что делает ее универсальной по сравнению со многими другими почвенными признаками, обладающими сезонной изменчивостью, тем самым затрудняющей диагностику степени опустынивания.

Выводы

1. Предложено и обосновано обновленное определение понятия «опустынивание почв», которое можно сформулировать как комплексное явление антропогенной и природно-антропогенной деградации почв, характеризующееся ростом дефицита доступной для растений почвенной влаги.

2. Показано, что опустынивание почв связано прежде всего с недостатком влаги, доступной для растений в вегетационный период, что может проявляться в разных формах ухудшения свойств почв (потеря агрономически ценной структуры, накопление солей, рост щелочности, снижение содержания гумуса, изменение содержания гранулометрических фракций, и др.)

3. ОГХ – важный параметр, интегрально описывающий недостаток влаги вне зависимости от типа/направления опустынивания (при засолении, осолонцевании, опесчанивании, водной эрозии).

4. Для оценки опустынивания почв необходимо руководствоваться специальным алгоритмом, предполагающим использование комплекса базовых и дополнительных диагностических показателей/индикаторов, которые в совокупности указывают на создание в почвах условий недостатка почвенной влаги для растений.

5. Особенности проявлений опустынивания почв при разных формах деградации почв заключаются в следующем:

- при засолении недостаток почвенной влаги доступной для растений возникает в результате: а) увеличения осмотического давления почвенного раствора; б)

невозможности использования засоленного почвенного раствора растениями не галофитами;

- при осолонцевании снижение водоудерживающей способности почв вызвано, прежде всего, выносом илистой (гумусовой) фракции почв в результате щелочного гидролиза, снижением содержания углерода и ухудшением структуры гумусового горизонта;

- при опесчанивании выдувание илистых (гумусовых) частиц из гумусового горизонта приводит к снижению водоудерживающей способности почв, прежде всего, в результате облегчения гранулометрического состава гумусового горизонта, ухудшения его структуры и водопрочности;

- при водной эрозии к снижению водоудерживающей способности почв приводит, прежде всего, уменьшение мощности гумусового горизонта, снижение содержания углерода и ухудшение структуры гумусового горизонта;

- при уплотнении нарушение свободного перемещения почвенной влаги по профилю создает участки корнеобитаемого слоя с недостатком почвенной влаги для растений;

- при коркообразовании опустынивание почв происходит в результате ухудшения инфильтрации влаги в глубину почв.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Щерба Т.Э. Особенности мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова участка Приволжской оросительной системы (тезисы)/ Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: мат-лы междунар. науч. конф. – Ростов на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – с. 262-264.

2. Щерба Т.Э. Особенности мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова участка Приволжской оросительной системы (статья) / **Вестник Московского Университета. Серия 17. Почвоведение. 2012. № 2. – С. 3-7.**

3. Щерба Т.Э., Гасанов А.С. Понятие «опустынивание почв» и некоторые подходы к его трактовке / **Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана, 2015, том 224 (4), с. 274-279.**

4. Щерба Т.Э. Диагностика опустынивания почв при осолонцевании / **Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2015, № 3(35), с. 21-26.**

5. Щерба Т.Э., Куст Г.С., Смагин А.В., Андреева О.В., Славко В.Д. Диагностика опустынивания почв с использованием основной гидрофизической характеристики / **Аридные экосистемы, 2016, том 22, №1 (66), с. 77-83.**(в печати).