

УДК 504.03

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ОПУСТЫНИВАНИЯ
АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

© 2023 г. Е.А. Корнеева

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский пр-т, 97. E-mail: korneeva.eva@list.ru*

Поступила в редакцию 20.10.2022. После доработки 23.11.2022. Принята к публикации 11.12.2022.

В настоящее время опустынивание является нерешенной экологической проблемой, затрагивающей 1.5 млрд человек и 25% засушливых земель во всем мире. Оно представляет собой критическую угрозу биоразнообразию, социально-экономическому развитию и устойчивости аридных регионов. В местных масштабах опустынивание часто является результатом неустойчивого управления земельными ресурсами. Сельскохозяйственные угодья, подверженные этому процессу, интенсивно используются для массового производства продовольствия. Несмотря на всю важность этой экологической проблемы, до сих пор нет единой точной количественной оценки, идентифицирующей процесс опустынивания в региональном масштабе. Отсутствие четкого определения и единых стандартизированных методов измерения причин и последствий этого деструктивного процесса представляет собой значительное препятствие для разработки соответствующих стратегий в борьбе с опустыниванием. С помощью метода компенсационных затрат на примере полупустынной зоны проведена оценка экологического ущерба, который получают землепользователи из-за деградации земель, в виде потерь плодородия – органических и питательных веществ почвы. Установлено, что не в последнюю очередь это обусловлено многолетним климатическим трендом, свидетельствующим о нарастании засушливости климата исследуемой территории. На основании последних данных определена величина площадей сельскохозяйственных угодий на юге европейской части России с преобладанием светло-каштановых почв, подверженных опустыниванию, рассчитаны региональные затраты удобрений, необходимых для компенсации утраченного плодородия этих природных ресурсов, установлена величина потерь их годичной продуктивности. Полученные оценки могут быть использованы лицами, формирующими политику, в качестве важного количественного инструмента для определения масштабов и издержек опустынивания в части обоснования снижения этим процессом производственного потенциала засушливых земель.

Ключевые слова: опустынивание, полупустынная зона, изменение климата, юг Европейской территории России (ЕТР), экологический ущерб, потери плодородия, компенсация затрат, удобрения.

DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-70-76

EDN: ZUINDE

Опустынивание – серия природных процессов, ведущих к постепенному разрушению земель, является серьезной экологической проблемой на глобальном, национальном, региональном и местном уровнях (Imeson, 2011). Деградация земель означает снижение или утрату биологической и экономической продуктивности орошаемых и неорошаемых сельскохозяйственных, пастбищных и лесных угодий. Наиболее распространенными определениями опустынивания являются: разрушение почвенного и растительного покрова, ветровая эрозия, перемещение песчаных дюн, превращение продуктивных земель в непригодные для сельскохозяйственного использования (Dregne, 1985; Кулик и др., 2007). На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются биологическая продуктивность и физические свойства почвенного покрова, что подрывает способность аридных экосистем к самовосстановлению (Зволинский, Туманян, 2006).

По оценкам Конвенции по борьбе с опустыниванием ООН (UNCCD, 2011) всего в мире этому процессу подвержено более 1 млрд га. Ежегодные потери орошаемых земель при этом составляют 6 млн га. Земли с наиболее высокой степенью опустынивания находятся в Азии, Южной Америке, Австралии, Африке – до 45% от общей площади территории этих стран.

По данным Минсельхоза Российской Федерации (Государственный доклад, 2021), в стране интенсивные процессы опустынивания наблюдаются в Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах. При этом на юге России (в Республике Калмыкия, в Астраханской и Волгоградской областях) эти процессы наблюдаются более чем на 50% сельскохозяйственной территории.

Опустынивание проявляется по-разному в неодинаковых климатических условиях и при различных системах землепользования. Вместе с тем считается, что оно является процессом «деградации ресурсов» из-за чрезмерного выпаса скота, вырубке лесов, расширения интенсивного земледелия, плохого управления землепользованием (Geist, Lambin, 2004). Реалистичная оценка районов с высоким уровнем деградации и низким уровнем продуктивности земель с целью мониторинга изменений в устойчивости и качестве окружающей среды, связанных с управлением сельским хозяйством, является особо актуальной задачей в современных природно-хозяйственных условиях (Salviaetal., 2019).

Несмотря на расширение масштабов опустынивания в засушливых районах по всему миру, а также на многочисленные и многолетние исследования в этой области, точные оценки, количественно характеризующие процесс опустынивания, отсутствуют (Bestelmeyeretal., 2015). Вместе с тем этот динамический процесс может быть диагностирован и оценен с помощью системы специальных индикаторов. Их применение способствует принятию правильного решения на самых ранних стадиях, а позднее эти индикаторы могут использоваться для мониторинга с целью получения окончательной оценки состояния района в отношении опустынивания (Mantelet al., 2014). Степень деградации почвы здесь является качественным показателем этой оценки. Уменьшение мощности почвы и содержания в ней гумуса и питательных веществ является основным количественным индикатором, свидетельствующим о том, насколько серьезной становится проблема опустынивания в том или ином районе (Reining, 1978). Таким образом, целью исследования является количественная оценка масштабности и опасности процесса опустынивания через показатель экологического ущерба, который определяется как компенсационное количество органических удобрений, необходимых для восполнения утраченного плодородия опустыненных земель.

Материалы и методы

Исследования проводились применительно к почвенно-климатическим условиям аридных регионов, расположенных на юге европейской территории России (ЕТР). Ущерб от опустынивания в этом регионе определяли для полупустынной зоны. Основными зональными почвами здесь являются светло-каштановые почвы с содержанием гумуса 2.0–2.5%. Для них характерна разной степени солонцеватость – типичный признак для этих почв (Единый государственный реестр ..., 2018).

Полупустынная зона приурочена к двум геоморфологическим областям: Ергенинской возвышенности и Прикаспийской низменности (с правобережной частью – Сарпинской низменностью). Они располагаются в лево- и правобережных частях реки Волга на территории Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкия. Рельеф этих низменностей представляет собой пониженную равнину, имеющую слабый уклон к Каспийскому морю (Шашко, 1985).

Климат полупустынной зоны очень теплый и резко засушливый. Растительность представлена полынно-солянково-злаковым типом с пятнами галофитов и галоидофитов. Для растительного покрова зоны характерна не только мозаичность, но и изреженность. Степень проективного покрытия, как правило, не превышает 50%, еще более снижаясь по мере продвижения к югу страны (Манаенков, 2018).

Выбор ключевых регионов исследования обоснован наличием в свободном доступе достоверных данных, касающихся их климатических показателей. Таким образом, исследования проводили с помощью электронного ресурса «Погода и климат» со следующей географической привязкой метеорологических станций, находящихся в пределах территорий со светло-каштановыми почвами в полупустынной зоне:

1. Волгоградская область – расположение ключевой метеорологической станции в Палласовке, широта 50.05°, долгота 46.88°, высота над уровнем моря 37 м.

2. Республика Калмыкия – расположение ключевой метеорологической станции в Малых Дербетах, широта 47.93°, долгота 44.70°, высота над уровнем моря 9 м.

3. Астраханская область – расположение ключевой метеорологической станции в Черном Яре, широта 48.07°, долгота 43.15°, высота над уровнем моря 5 м.

Исследования базировались на методе сопоставления состояний одних и тех же территорий в разные моменты времени с применением принципа сравнительно-географического анализа. Временной горизонт принят равным 5 лет (2016–2020). Основными формами опустынивания являются засоление почв, водная и ветровая эрозия.

Масштаб процессов опустынивания устанавливали по ключевым муниципальным районам на юге ЕТР с преобладанием светло-каштановых почв. Для Астраханской области и Республики Калмыкия величину площадей, подверженных указанным процессам, устанавливали на основании официально подтвержденной статистической информации (Доклад ..., 2021). Для Волгоградской области площадь деградированных земель определяли на основании имеющихся данных по их удельному весу в общей площади сельхозугодий (Цветнов и др., 2021) и имеющимся данным по степени их опустынивания (Национальный доклад ..., 2019).

Для определения экологического ущерба использовали методологию компенсационных затрат на восстановление потерь плодородия почв деградированного слоя оцениваемых земель (Enters, 1998; Korneeva, 2021).

Потери годичной продуктивности основных видов земель сельскохозяйственного назначения, связанные с их деградацией и опустыниванием, оценивались по формуле Петрова (Кулик и др., 2007).

Результаты и обсуждение

Климатические условия Прикаспийской и Сарпинской низменностей характеризуют полупустынную зону как сухую агроклиматическую область. Нормализованный индекс аридности этой территории превышает 0.70. Средняя величина гидротермического коэффициента колеблется от 0.3–0.4 и ниже. В отдельные годы его величина существенно меняется. Жесткие природные условия порождают неблагоприятные погодные явления, к которым относятся засухи, пыльные бури (в среднем 18 дней в году), холодные бесснежные зимы (Кулик и др., 2007).

Сумма положительных температур в полупустынной зоне на юге Российской Федерации достигает 3000–3400°C. Лето сухое, жаркое и пыльное. Количество осадков за период с положительными температурами не превышает 160–200 мм. Выпадают они в основном в виде ливневых дождей, неравномерно распределяясь по поверхности. Среднеиюльские температуры достигают 22.0–24.7 °C с абсолютным максимумом до 40–44 °C. Продолжительность безморозного периода полупустынной зоны может достигать 148–170 дней, что благоприятно сказывается при возделывании зерновых, овощных, бахчевых культур, а также подсолнечника и горчицы (Шашко, 1985).

Пятилетняя (2016–2020 гг.) динамика основных климатических показателей, полученная на основе данных опорных метеостанций полупустынной зоны, свидетельствует о нарастании в последние годы засушливости климата исследуемой территории (рис.). Так, среднегодовая температура воздуха за указанный период увеличилась на 0.6–0.8 °C – с 8.7 °C (Волгоградская область) и 10.4 °C (Республика Калмыкия) в 2016 г. до 9.3 °C (Волгоградская область) и 11.1 °C (Астраханская область) в 2020 г. Годовая сумма осадков при этом, напротив, уменьшилась – с 300–385 мм в 2016 г. до 165–278 мм в 2020 г. Это свидетельствует обускорившейся в последнее время аридизации почвы – сложном сочетании природных процессов, ведущих к снижению увлажненности крупного ареала территорий.

Известно (Национальный доклад ..., 2019), что юг Европейской территории России (ЕТР), включающий Республику Калмыкия, Астраханскую и Волгоградскую области – это наиболее обширная часть аридного пояса России – почти 660 тыс. км². Для этих земель проблема опустынивания остается особо актуальной. По последним данным (Доклад ..., 2021), доля сельскохозяйственных угодий с неблагоприятными почвами с учетом возможных комбинаций неблагоприятных факторов деградации в Астраханской области равняется 74.25% от их общей

площади, Волгоградской области – 53.97%, Республики Калмыкия – 82.13%.

Установлено (табл. 1), что наиболее значительной формой опустынивания земель сельскохозяйственного назначения на юге ЕТР является засоление почв – 46% от их общей площади. Что касается пахотных земель, то здесь доминируют процессы водной эрозии – площадь земель, подверженных этой форме опустынивания, всего составляет 56%. Дефляцией на юге ЕТР затронуто 3055 тыс. га сельхозугодий, что равняется 16% от их общей площади, водной эрозией – соответственно 2737 тыс. га и 14%. В наибольшей степени пахотные угодья затронуты процессами опустынивания в Волгоградской области – их площадь составляет почти 81% от всей деградированной пашни на юге ЕТР.

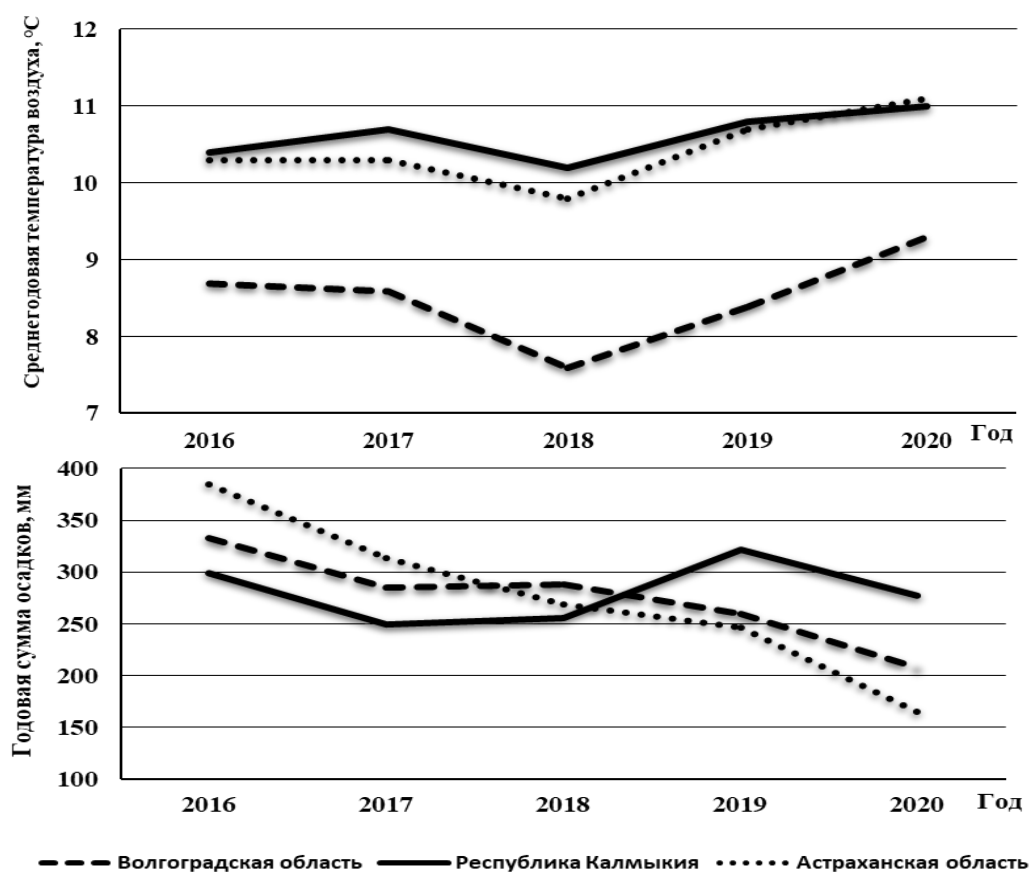


Рис. Климатические показатели полупустынной зоны на юге ЕТР

Таблица 1. Формы и площадь опустынивания земель сельскохозяйственного назначения на юге ЕТР, тыс. га.

Субъект РФ	Дефляция	Эрозия	Засоление	Всего
Сельскохозяйственные угодья				
Волгоградская область	87.3	2220.5	1436.4	3744.2
Астраханская область	498.3	0.7	1012.4	1511.4
Республика Калмыкия	2469.8	516.1	2423.5	5409.4
Юг ЕТР	3055.4	2737.3	4872.3	10665.0
%	29.0	26.0	46.0	100.0
Пашня				
Волгоградская область	46.9	1350.5	691.1	2088.5
Астраханская область	1.7	–	168.3	170.0
Республика Калмыкия	23.5	100.3	203.3	327.1

Юг ЕТР	72.1	1450.8	1062.7	2585.6
%	3.0	56.0	41.0	100.0

Расчеты показывают (табл. 2), что потери органических и минеральных веществ светло-каштановых почв (со средним содержанием гумуса 2.25%) при слабой степени опустынивания, когда слой разрушенной почвы в результате ее засоления, воздействия водной и ветровой эрозии составляет около 5 см, равняются 9.2 т/га. При повышении интенсивности этого процесса до уровня пыльных бурь и чрезмерного вредоносного стока, когда разрушается весь пахотный горизонт (слой почвы более 20 см), потери плодородия увеличиваются почти в 4 раза.

Для восполнения этих потерь необходимо внести 42.6–166.7 т удобрений в расчете на 1 га деградированной территории в зависимости от степени интенсивности опустынивания. Из них 95% приходится на органические удобрения, вносимые в почву при ее гумификации, и около 5% – на замещение азота, фосфора и калия почвы минеральными удобрениями с активным веществом NPK.

Таблица 2. Компенсационные затраты удобрений для восполнения потерь элементов питания светло-каштановых почв в результате опустынивания, т/га.

Расчетные показатели	Гумус	Азот (N)	Фосфор (P)	Калий (K)	Азотсодержащее и активное вещество (NPK)
Потери органических и минеральных веществ в почвенном профиле (A + B) в результате опустынивания, т/га					
Интенсивность: слабая	8.07	0.32	0.13	0.64	9.16
средняя	14.67	0.60	0.24	1.20	16.71
сильная	31.53	1.28	0.51	2.57	35.89
Компенсационные затраты удобрений на восполнение потерь плодородия в результате опустынивания, т/га					
Марка органических и минеральных удобрений, заменяющих элементы питания в почве	Подстилочный навоз крупного рогатого скота	Нитрат аммония	Двойной гранулированный суперфосфат	Хлорид калия	Органические и минеральные удобрения
Интенсивность: слабая	40.33	0.94	0.27	1.03	42.57
средняя	73.50	1.76	0.52	1.92	77.70
сильная	157.67	3.76	1.11	4.11	166.65

Установлено, что в рамках изучаемой площади сельхозугодий на юге ЕТР экологический ущерб от разрушения светло-каштановых почв в пересчете на органические и минеральные удобрения составляет 14.1 тыс. т (табл. 3). В Волгоградской области этот ущерб обусловлен, главным образом, развитием водной эрозии, в Астраханской области – засолением почв, в Республике Калмыкия – дефляцией.

Экологический ущерб, наносимый землепользователям в результате опустынивания, выражается не только в компенсационном количестве удобрений, которые необходимо внести в почву для восполнения утраченного плодородия, но и величиной потерь годичной продуктивности деградированных сельхозугодий. Так, для исследуемых регионов эти потери составляют более четверти млн ц в зерновом эквиваленте, что равноценно среднегодовому урожаю сельскохозяйственной продукции, получаемой на территории одного из муниципальных районов на юге ЕТР.

Отметим, что приведенные расчетные данные по экологическому ущербу, получаемому сельским хозяйством в полупустынной зоне на юге РФ, имеют величину, адекватную не всей площади деградированных сельскохозяйственных угодий этой зоны, а в расчете на некоторые муниципальные

районы, по которым имеются достоверные данные по площадям, подверженным опустыниванию. Очевидно, реальный ущерб выражается более значительной величиной и имеет соответствующий денежный эквивалент (Корнеева, 2019).

Таблица 3. Экологический ущерб от опустынивания земель аридных территорий со светло-каштановыми почвами на юге ЕТР, т в год.

Муниципальный район	Площадь сельхозугодий, подверженная опустыниванию, тыс. га	В том числе по степени опустынивания			Потери годичной продуктивности, тыс. ц к.е.
		слабая	средняя	сильная	
Волгоградская область					
Ленинский район	63.87	42.86	11.88	9.13	83.03
Светлоярский район	110.08	73.86	20.47	15.75	143.10
Количество удобрений, необходимых для компенсации плодородия, т	11628.62	4968.77	2513.60	4146.25	226.13
Астраханская область					
Приволжский район	14.58	7.33	5.14	0.82	23.33
Количество удобрений, необходимых для компенсации плодородия, т	848.07	312.04	399.38	136.65	23.33
Республика Калмыкия					
Ики-Бурульский район	19.59	16.31	3.28	0	11.75
Малодербетовский район	13.61	12.2	1.37	0.04	8.17
Количество удобрений для восполнения плодородия, т	1581.65	1213.67	361.31	6.67	19.92
Общий экологический ущерб, тыс. т	14.06	6.50	3.27	4.29	269.38

Выводы

Таким образом, полученная количественная оценка ущерба от деградации земель, наряду с обозначенными климатическими тенденциями экологических процессов, ведущих к опустыниванию, показала, что оно является не только деструктивным природным, но и негативным социально-экономическим процессом в стране. Только на светло-каштановых почвах, имеющих самое низкое плодородие на юге ЕТР, экологический ущерб от опустынивания оценивается значительной величиной, что не в последнюю очередь обусловлено процессом глобального уменьшения увлажненности этой аридной территории. В настоящее время в России опустыниванием охвачено более 100 млн га земельных объектов. Это свидетельствует о том, насколько серьезна проблема, и многократно повышает актуальность мероприятий по их защите и рекультивации.

Представленная количественная оценка экологического ущерба в виде компенсации утраченного плодородия деградированных сельхозугодий органическими и минеральными удобрениями, а также потерь их годичной продуктивности, будет служить региональным идентификатором опасности проявления процесса опустынивания, свидетельствующим о значительном уроне, который получает

сельскохозяйственная отрасль за счет деградации земель. Масштабирование этих оценок на другие регионы со схожими с югом ЕТР почвенно-климатическими условиями позволит определить последствия опустынивания для местной экономики этих регионов, а также станет ценным инструментом для формирования политики и разработки программ мероприятий по борьбе с этим деструктивным процессом.

Финансирование. Работа выполнена по теме Государственного задания ФНЦ Агроэкологии РАН (№ FNFE-2022-0015) «Управление процессами опустынивания аридных территорий по данным мониторинга почв, климата и земель, подверженных опустыниванию, методами математического моделирования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». 2021. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова. 864 с.
- Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. 2021. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 404 с.
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов России Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018 [Электронный ресурс <https://http://egprg.esoil.ru/content/adm/adm30.html> (дата обращения 16.04.2022)].
- Зволинский В.П., Тумаян А.Ф.* 2006. Опустынивание: основные факторы и причины развития // Природопользование в аграрных регионах России. М.: Изд-во «Современные тетради». С. 67-73.
- Корнеева Е.А.* 2019. Лесная мелиорация как фактор устойчивого развития агропроизводства в Волгоградской области // АПК: экономика, управление. № 6. С. 55-63.
- Кулик К.Н., Павловский Е.С., Петров В.И., Кружилин И.П., Манаенков А.С., Габунцина Э.Б., Куст Г.С., Савостьянов В.К., Тулохонов А.К.* 2007. Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны. Волгоград: ВНИАЛМИ. 86 с.
- Манаенков А.С.* 2018. Лесомелиорация арен засушливой зоны (2-е изд., перераб. и доп.). Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН. 428 с.
- Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)». Т. 2. 2019 / Ред. Р.С.-Х. Эдельгериев. М.: ООО «Издательство МБА». 476 с.
- Погода и климат. 2022 [Электронный ресурс <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 20.04.2022)].
- Цветнов Е.В., Макаров О.А., Цветнова О.Б., Крючков Н.Р.* 2021. Опыт совмещенной оценки нейтрального баланса деградации земель Волгоградской области и их эколого-экономического ущерба // Достижения науки и техники АПК. Т.35 № 1. С. 12-15.
- Шашко Д.И.* 1985. Агроклиматические ресурсы СССР. Ленинград: Гидрометеиздат. 247 с.
- Bestelmeyer B., Okin G., Duniway M., Archer S., Sayre N., Williamson J., Herrick J.* 2015. Desertification, land use, and the transformation of global drylands // *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 13.No. 1. P. 28-36.
- Dregne H.E.* 1985. Desertification of Arid Lands // *The Geographical Journal*. Vol. 151.No. 1.P. 114.
- Enters T.* 1998. Methods for the Economic Assessment of the On-and-Off-Site Impact of Soil Erosion. Thailand. Bangkok: International Board for Soil Research and Management (IBSRAM). 60 p.
- Geist H., Lambin E.* 2004. Dynamic Causal Patterns of Desertification // *BioScience*. Vol. 54.No. 9.P. 817-829.
- Imeson A.* 2011. Desertification, Land Degradation and Sustainability. UK, Chichester: John Wiley & Sons. 344 p.
- Korneeva E.A.* 2021. Economic Evaluation of Ecological Restoration of Degraded Lands through Protective Afforestation in the South of the Russian Plain // *Forests*. Vol. 12.No. 10.P. 1317.
- Mantel S., Schulp C.J.E., van den Berg M.* 2014. Modelling of soil degradation and its impact on ecosystem services globally. Part 1: A study on the adequacy of models to quantify soil water erosion for use within the IMAGE modeling framework. The Netherlands. Wageningen, World Soil Information. 74 p.
- Reining P.* 1978. Handbook on Desertification Indicators. USA. Washington, D.C. 141 p.
- Salvia R., Egidi G., Vinci S., Salvati L.* 2019. Desertification Risk and Rural Development in Southern Europe: Permanent Assessment and Implications for Sustainable Land Management and Mitigation Policies // *Land*. Vol. 8.No. 12.P. 191.
- UNCCD. Desertification: a visual synthesis. 2011. Bonn: The United Nations Convention to Combat Desertification. 50 p.