

УДК 631.459.2

ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

Н. Н. ЦЫБУЛЬКО¹⁾

¹⁾Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси,
ул. Казинца, 90, 220108, г. Минск, Беларусь

Представлены результаты анализа распространенности эродированных почв на сельскохозяйственных землях, количественной оценки факторов, определяющих проявление водно-эрозионных процессов в Северной и Центральной почвенно-географических провинциях Беларуси. На территории Беларуси водная эрозия вызывается стоком талых вод и ливневых осадков проявляется на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова или размыва в глубину. Эродированные почвы сосредоточены в основном на пахотных землях. Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, преобладают слабосмытые почвы (57 %), среднесмытые почвы занимают 25 %, сильносмытые почвы – 4 %. Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики, поэтому наибольшие площади смытых почв сосредоточены в Витебской, Могилевской и Минской областях. По административным районам наблюдаются значительные колебания площадей эродированных почв. Наибольшие их площади в составе пахотных земель (>20 %) в Новогрудском, Воложинском, Кореличском, Горецком и Мстиславском районах, значительные площади (15–20 %) – в районах распространения холмисто-моренного ландшафта (Браславский, Городокский, Лепельский). В Северной почвенно-географической провинции интенсивность водно-эрозионных процессов определяется, в первую очередь, климатическими условиями, во вторую – геоморфологическими, в третью – почвенными. В Центральной провинции более высокий вклад имеет почвенно-антропогенный фактор. Поэтому в Северной провинции приоритетным направлением в выборе противозерозионных мероприятий являются агротехнические приемы, направленные на регулирование поверхностного стока, в Центральной провинции – формирование сбалансированной структуры посевов и внедрение почвозащитных севооборотов.

Ключевые слова: водная эрозия; факторы проявления; смыв; эродированные почвы; распространение; диагностические признаки.

WATER EROSION OF SOILS OF AGRICULTURAL LANDS IN BELARUS

M. M. TSYBULKA^a

^aInstitute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences of Belarus,
90 Kazintsa Street, Minsk 220108, Belarus

The results of the analysis of the spread of eroded soils on agricultural lands, the quantitative assessment of factors determining the manifestation of water-erosion processes in the northern and central soil-ecological provinces of Belarus are presented.

On the territory of Belarus, water erosion is caused by the runoff of meltwater and heavy rainfall, manifested on the slopes in the form of washing away the upper part of the soil cover or in the form of erosion in depth. Eroded soils are concentrated mainly on arable land. Of the total area of soils subject to water erosion, slightly washed soils predominate (57 %), medium-washed soils occupy 25 %, strongly washed soils – 4 %.

Water erosion prevails in the northern and central parts of the republic, so the largest areas of washed away soils are concentrated in the Vitebsk, Mogilev and Minsk regions. Significant fluctuations in the areas of eroded soils are observed

Образец цитирования:

Цыбулько НН. Водная эрозия почв сельскохозяйственных земель Беларуси. Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2022;3:102–109.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-3-102-109>

For citation:

Tsybulka MM. Water erosion of soils of agricultural lands in Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2022;3:102–109. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-3-102-109>

Автор:

Николай Николаевич Цыбулько – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заместитель директора по научной работе.

Author:

Mikalai M. Tsybulka, doctor of sciences (agriculture), full professor; deputy director for research.
nik.nik1966@tut.by

in administrative districts. The largest areas of them as part of arable land (>20 %) are in Novogrudok, Volozhinsky, Korelichsky, Goretsky and Mstislavsky districts, significant areas (15–20 %) are in the areas of the hilly–moraine landscape: Braslavsky, Gorodoksky, Lepelsky.

In the northern soil-ecological province, the intensity of water-erosion processes is determined primarily by climatic conditions, secondly by geomorphological, and thirdly by soil conditions. In the central province, the soil-anthropogenic factor has a higher contribution. Therefore, in the northern province, agrotechnical techniques aimed at regulating surface runoff are a priority in choosing anti-erosion measures, in the central province – the formation of a balanced structure of crops and the introduction of soil-protective crop rotations.

Keywords: water erosion; development factors; flushing; eroded soils; distribution; diagnostic signs.

Введение

Почва – важнейший и незаменимый природный ресурс, являющийся национальным достоянием любой страны, основой жизнедеятельности человека. От ее плодородия и рационального использования зависит продовольственная безопасность и экологическое благополучие.

Проблема деградации почвенных (земельных) ресурсов и воспроизводства их плодородия носит глобальный характер и актуальна для всех регионов мира. Во всем мире 1,96 млрд га почвенного покрова подвержено деградации, обусловленной деятельностью человека, главным образом под воздействием процессов водной и ветровой эрозии (1094 и 548 млн га соответственно). Почв, подверженных химической деградации, насчитывается 240 млн га. Физическая деградация имеет место на площади 83 млн га [1]. Ежегодный ущерб от деградации земель на нашей планете оценивается в 40 млрд долл. США без учета стоимости увеличения расходов на использование удобрений, потери биологического разнообразия и утраты уникальных ландшафтов [2].

Озабоченность мирового сообщества в сохранении почвенного покрова и предотвращении его дальнейшей деградации нашло отражение в целом ряде международных мероприятий и документов. Для принятия совместных действий международного сообщества по данной проблеме в 1994 г. в Париже подписана Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание [3].

Конференцией Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию «Рио+20» (2012 г., Рио-де-Жанейро) признана необходимость немедленного принятия мер по обращению вспять процесса деградации земель и осуществления целенаправленных усилий по ликвидации этого явления и обеспечения к 2020 г. нейтральной деградации земель и почв. Решающим фактором для обеспечения продовольственной безопасности признана нейтральная деградация (нулевой прирост деградации) почвенно-земельных ресурсов.

Деградация почв представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функции почв, количественному и качественному ухудшению их состава, свойств и режимов, хозяйственной значимости земель [4].

В Беларуси установлено более 20 видов и форм деградации почв и земель [5]. Основными из них являются: водная и ветровая эрозия почв сельскохозяйственных земель; радиоактивное загрязнение земель; минерализация органического вещества торфяно-болотных почв; дегумификация и уплотнение почв; заболачивание земель в результате нерационального ведения хозяйственной деятельности.

Основными факторами деградации почвенно-земельных ресурсов, оказывающими негативное влияние на их состояние, являются факторы антропогенного характера – несбалансированное интенсивное землепользование, несоблюдение норм законодательства об охране и использовании земельных ресурсов. Угроза усиления процессов деградации почв связана также с наблюдаемыми глобальными изменениями климата, что проявляется в расширении территорий, затронутых засухами и засушливыми явлениями.

Цель работы – провести анализ распространения эродированных почв на сельскохозяйственных землях, дать количественную оценку факторов, определяющих проявление процессов водной эрозии почв в Северной и Центральной почвенно-географических провинциях Беларуси.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись почвы пахотных и луговых земель сельскохозяйственных организаций республики, а также почвы сельскохозяйственных земель, подверженные водной эрозии. Информационно-аналитическими материалами являлись результаты 3-го тура крупномасштабных почвенных обследований, а также данные 14-го тура агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций республики. В процессе исследований использовался комплекс методов, включая принципы экспертных оценок, полевого опыта и лабораторно-аналитического [6; 7].

Результаты исследования и их обсуждение

В силу особенностей рельефа, геоморфологии, характера почвообразующих пород и интенсивной антропогенной нагрузки на почвенный покров для Беларуси крайне актуальной является проблема водной эрозии

почв, под которой понимается совокупность взаимосвязанных процессов отрыва, переноса и отложения почвы поверхностным стоком временных водных потоков дождевых, талых, поливных и сбросных вод. На территории республики водно-эрозионные процессы вызываются талыми и ливневыми водами и проявляются на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова. В зависимости от характера временных водных потоков на поверхности почвы водная эрозия подразделяется на поверхностную (называемую иногда плоскостной) или смыв почвы и линейную (талевую, овражную, русловую) эрозию или размыв почвы. Смыв почв осуществляется сравнительно небольшими, но многочисленными струйками талых и ливневых вод, стекающих со склонов (рис. 1). При этом образуется более или менее густая сеть струйчатых размывов (водороин) – русел временных ручейков. Глубина этих русел не превышает, как правило, глубины пахотного слоя, поэтому при вспашке поля все водороины заполняются почвой и «бесследно» исчезают.

В зарубежной литературе этот вид эрозии делится на два подвида – «rill erosion» (ручейковая, хорошо заметная в виде русел глубиной, измеряемой сантиметрами) и «interrill erosion» (межручейковая эрозия). Под последней понимают смыв почвы самыми мелкими, но относительно широкими потоками, имеющими глубину, соизмеримую с размером агрегатов почвы, и оставляющими на выровненной ее поверхности следы, не воспринимаемые как размывы, а как полосы сглаженной поверхности, из-за чего и произошло слово «плоскостная» эрозия или «пеленной» сток [8]. Линейная эрозия почвы вызывается более концентрированными струями талых и дождевых вод, приуроченными обычно к тальвегу более или менее выраженных вытянутых углублений рельефа. Ее следствием являются формы размыва, называемые промоинами.



Рис. 1. Плоскостная водная эрозия почв на пашне (а) и под сельскохозяйственной культурой (б)

Fig. 1. Planar water erosion of soils on arable land (a) and under agricultural crops (b)

Линейная (овражная) эрозия – образование на склонах глубоких струйчатых размывов (глубиной 20–25 см) и промоин (глубиной от 0,3–0,5 до 1,0–1,5 м), которые перерастают в овраги и уже не могут быть сглажены при обработке (рис. 2). Этот вид эрозии приводит к полному уничтожению почвы. Наиболее заметным проявлением линейной эрозии являются овраги (gully erosion), которые уже не могут быть выровнены обработкой – для этого требуется применение специальной техники. Обычно овраги растут своей вершиной – вверх по склону.



Рис. 2. Линейная водная эрозия почв на пашне (а) и под сельскохозяйственной культурой (б)

Fig. 2. Linear water erosion of soils on arable land (a) and under agricultural crops (b)

В зависимости от степени разрушения верхних горизонтов почвенной толщи поверхностными водами эродированные почвы делятся на слабосмытые, среднесмытые и сильносмытые¹.

Слабосмытые почвы – частично разрушены пахотный (A_n) и гумусовый (A_1) горизонты, среднесмытые почвы – полностью разрушены пахотный (A_n), гумусовый (A_1) и элювиально-иллювиальный (A_2B) горизонты, частично – иллювиальный (B_1) горизонт, сильносмытые почвы – разрушены пахотно-элювиальный (A_nA_2) и элювиально-иллювиальный (A_2B_1) горизонты, частично подстилающая или почвообразующая (C) порода (табл. 1).

Таблица 1

Диагностические показатели степени смытости почв

Table 1

Diagnostic indicators of the degree of soil washout

Степень смытости почв	Основной критерий			Дополнительные критерии	
	состояние генетического горизонта			крутизна склона, град.	снижение содержания гумуса в A_n , по отношению к несмытой почве, %
	разрушен	распахивается	подпахотный		
Слабосмытые	пахотный (A_n) частично	гумусовый (A_1) частично	элювиально-иллювиальный (A_2B)	до 3	до 20
Среднесмытые	пахотный (A_n) полностью	гумусовый (A_1) и элювиально-иллювиальный (A_2B), иллювиальный (B_1) частично	иллювиальный (B_1)	3–5	21–40
Сильносмытые	пахотно-элювиальный (A_nA_2) и элювиально-иллювиальный (A_2B_1)	иллювиальный (B_2)	иллювиальный (B_2) или (B_3) либо подстилающая или почвообразующая порода (C)	более 5	более 40

В качестве дополнительных диагностических признаков (критериев) степени смытости почв выступают крутизна склона (в градусах) и процент уменьшения содержания гумуса в пахотном горизонте по отношению к несмытой почве.

В процессе водной эрозии при аккумуляции вынесенного почвогрунта в замкнутых понижениях, нижних частях склонов, ложбинах, днищах балок, образуются почвы с намытым верхом. По мощности намыва выделяют почвы со слабонамытым верхом, со средненамытым верхом и с сильнонамытым верхом. В слабонамытых почвах мощность намытого слоя не превышает 20 см, в средненамытых почвах – мощность намытого слоя составляет 21–50 см и в сильнонамытых почвах – мощность намытого слоя превышает 50 см (табл. 2).

Таблица 2

Диагностические показатели степени намытости почв

Table 2

Diagnostic indicators of the degree of soil alluviation

Степень намытости почвы	Мощность намытого горизонта, см
Со слабонамытым верхом	До 20 см
Со средненамытым верхом	21–50 см
С сильнонамытым верхом	Более 50 см

В республике водной эрозии подвержено 473,3 тыс. га [10]. Эродированные почвы приурочены преимущественно к пахотным землям – 414,1 тыс. га (9,5 % от общей площади пашни). Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, 268,3 тыс. га (57 %) составляют слабосмытые почвы, 120,0 тыс. га (25 %) – среднесмытые почвы, 20,2 тыс. га (4 %) – сильносмытые почвы и 64,7 тыс. га (14 %) – намытые почвы (табл. 3).

Площади эродированных почв и удельный вес их в составе сельскохозяйственных земель по областям республики значительно различаются. Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях страны, поэтому наибольшие площади смытых почв, включая почвы с намытым верхом, сосредоточены

¹ТКП 651-2020 (33520). Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт. Порядок и технология работ. Минск: Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии; 2020. 66 с.

в Витебской (116,9 тыс. га), Могилевской (110,3 тыс. га) и Минской (109,2 тыс. га) областях. В Брестской обл. общая площадь эродированных почв составляет 39,4 тыс. га, в Гомельской обл. – 11,9 тыс. га (табл. 4).

Таблица 3

Распределение почв по степеням смывости в Республике Беларусь

Table 3

Distribution of soils by degree of washout in the Republic of Belarus

Земли	Всего смытых почв	Из них			С намытым верхом
		слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые	
Пахотные	<u>361,7</u> 7,1	<u>240,1</u> 4,7	<u>105,3</u> 2,1	<u>16,3</u> 0,3	<u>52,4</u> 1,0
Под постоянными культурами	<u>2,6</u> 5,3	<u>1,8</u> 3,8	<u>0,6</u> 1,3	<u>0,1</u> 0,2	<u>0,4</u> 0,7
Сенокосные	<u>8,5</u> 0,7	<u>4,9</u> 0,4	<u>2,5</u> 0,2	<u>1,1</u> 0,1	<u>3,4</u> 0,3
Пастбищные	<u>35,9</u> 2,5	<u>21,6</u> 1,5	<u>11,6</u> 0,8	<u>2,7</u> 0,2	<u>8,6</u> 0,6
Сельскохозяйственные	<u>408,6</u> 5,3	<u>268,3</u> 3,5	<u>120,0</u> 1,5	<u>20,2</u> 0,3	<u>64,7</u> 0,8

Примечание. Над чертой – площадь в тыс. га, под чертой – удельный вес в %.

Таблица 4

Площади эродированных почв на сельскохозяйственных землях по административным областям

Table 4

Areas of eroded soils on agricultural lands by administrative regions

Области	Площадь эродированных почв, га				
	всего	в том числе			
		слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые	с намытым верхом
Брестская	39420	23520	6749	1034	8117
Витебская	116862	61946	39045	11037	4834
Гомельская	11930	9647	1171	106	1006
Гродненская	85661	41430	19597	2553	22081
Минская	109207	72258	27404	3995	5550
Могилевская	110263	59543	26059	1499	23162
Республика Беларусь	473342	268344	120025	20224	64749

Удельный вес смытых почв в составе пахотных земель по областям следующий: Брестская обл. – 5,4 %, Витебская – 15,2, Гомельская – 1,4, Гродненская – 11,7, Минская – 9,4, Могилевская область – 14,9 %.

По административным районам наблюдаются значительные колебания площадей и удельного веса эродированных почв в составе пахотных земель. Минимальную площадь (менее 1 %) имеют 25 районов, в основном сосредоточены они в Гомельской и Брестской областях. В 42 районах на долю эродированных почв приходится от 1 до 5 % пахотных земель, в 28 районах – от 5 до 10 % (рис. 3).

Наибольшие площади почв, подверженных водной эрозии, на пахотных землях (> 20 %) отмечены в Новогрудском (21,7 %), Воложинском (21,7 %), Кореличском (25,2 %), Горецком (26,1 %) и Мстиславском (46,6 %) районах. Значительные площади эродированных почв имеются также в районах распространения холмисто-моренного ландшафта: Браславский – 16,6 %, Городокский – 15,0, Лепельский – 19,3 %.

Закономерности развития процессов водной эрозии различны для Центральной и Северной почвенно-географических провинций, что объясняется природно-климатическими особенностями их территорий и характером интенсивности антропогенного воздействия [11]. Степень влияния отдельных факторов на эродированность почв, оцененная посредством расчета коэффициента корреляции, показала, что для обеих провинций характерна высокая корреляция эродированности с геоморфологическими параметрами ($r = 0,5–0,7$) и гранулометрическим составом почв. Для Центральной почвенно-географической провинции также установлена взаимосвязь между эродированностью и распаханностью территории ($r = 0,56$) (табл. 5).

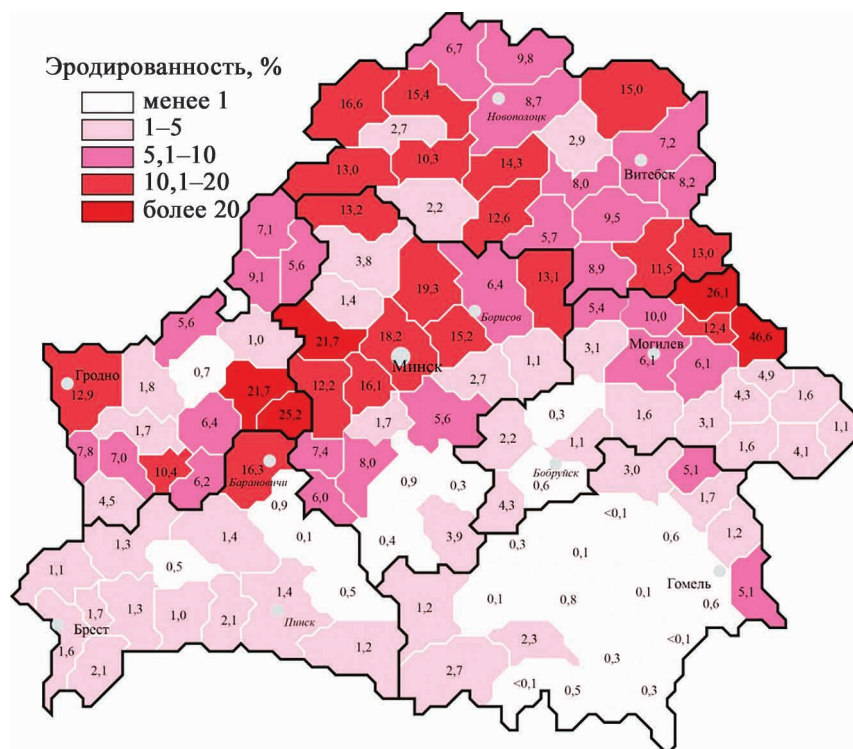


Рис. 3. Группировка районов по удельному весу эродированных почв в составе пахотных земель, %

Fig. 3. Grouping of districts by the specific gravity of eroded soils as part of arable land, %

Таблица 5

Зависимость эродированности почв пахотных земель от параметров рельефа, климата, почвообразующих пород и антропогенного воздействия

Table 5

Dependence of soil erosion of arable lands on the parameters of relief, climate, soil-forming rocks and anthropogenic impact

Параметр	Эродированность почв	
	Центральная провинция	Северная провинция
Эрозионный индекс осадков	0,23	0,11
Слой стока, мм	0,13	0,13
Гидротермический коэффициент	0,04	0,07
Запас воды в снеге, мм	0,30	0,12
Склоны крутизной >3°, %	0,61	0,73
Склоны длиной <500 м, %	0,59	0,70
Вертикальное расчленение, м/км ²	0,74	0,54
Горизонтальное расчленение, км/км ²	0,27	0,30
Доля суглинистых почв, % в общей площади	0,60	0,27
Доля песчаных почв, % в общей площади	-0,34	-0,45
Распаханность, %	0,56	-0,36
Сельскохозяйственная освоенность территории, %	0,40	-0,35

Антропогенное влияние на процессы эрозии менее выражено в Северной провинции. Для данной территории характерна обратная зависимость между распаханностью территории, сельскохозяйственной освоенностью и эродированностью вследствие мелкоконтурности пахотных земель, так как в таких условиях формирование интенсивного стока затруднено. Кроме этого, распаханность в среднем по Северной почвенно-географической провинции значительно ниже, чем по Центральной. Поэтому развитие водно-эрозионных процессов определяется другими факторами.

Распределение факторных нагрузок и вклад каждого фактора в суммарную дисперсию многомерного массива позволяют интерпретировать первый из них для Центральной провинции как почвенно-антропогенный. Наибольшее значение здесь имеет соотношение почв различного гранулометрического состава и распаханность территории. Второй фактор определен как геоморфологический, который включает длину и крутизну склона. Третий фактор – климатический, включающий слой стока, сумму осадков за теплый период, запасы воды в снеге к началу весеннего снеготаяния (табл. 6).

Результаты факторного анализа в Северной почвенно-географической провинции свидетельствуют, что интенсивность водно-эрозионных процессов определяется, в первую очередь, климатическими условиями, во вторую – геоморфологическими, в третью – почвенными. Поэтому в Северной провинции приоритетным направлением в выборе противоэрозионных мероприятий являются агротехнические приемы, направленные на регулирование поверхностного стока.

Таблица 6

Матрица отображения факторов развития водно-эрозионных процессов на пахотных землях для почвенно-экологических провинций Беларуси

Table 6

Matrix of mapping factors of development of water-erosion processes on arable lands for soil-ecological provinces of Belarus

Параметр	Северная провинция			Центральная провинция		
	фактор			фактор		
	1	2	3	1	2	3
Эрозионный индекс осадков	0,87*	0,21	–0,12	–0,31	–0,17	0,65
Слой весеннего склонового стока с зяби, мм	0,84	0,04	0,48	0,20	0,20	0,87
Доля склонов крутизной более 3°, %	0,09	0,76	0,60	–0,04	0,81	0,44
Доля склонов длиной менее 500 м, %	0,32	0,87	0,13	0,39	0,73	0,27
Гидротермический коэффициент	0,65	0,07	0,21	0,12	0,10	0,81
Запас воды в снеге к началу весеннего снеготаяния, мм	0,82	0,18	0,26	–0,20	0,52	0,70
Доля суглинистых и глинистых почв, % в общей площади	–0,01	0,22	0,90	0,91*	0,30	0,16
Доля песчаных и супесчаных почв, % в общей площади	0,11	0,54	–0,82	–0,98	0,07	0,00
Распаханность территории, %	0,38	0,62	–0,32	0,87	0,27	–0,09
Эродированность пашни, %	0,01	0,59	0,04	0,38	0,54	0,11

Примечание. *Наиболее значимые факторные нагрузки (отклики).

В Центральной провинции, где более высокий вклад в развитие водно-эрозионных процессов вносит почвенно-антропогенный фактор, приоритетным является формирование сбалансированной структуры посевных площадей и внедрение дифференцированных почвозащитных севооборотов.

Заключение

На территории Беларуси водная эрозия почв вызывается стоком талых вод и ливневых осадков. В течение года смыв почвы может наблюдаться в два периода – во время зимних оттепелей и весеннего снеготаяния, а также в период стокообразующих дождей. Водная эрозия почв проявляются на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова или в виде размыва в глубину.

Эродированные почвы сосредоточены преимущественно на пахотных землях. Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, слабосмытые почвы составляют 57 %, среднесмытые почвы – 25, сильно-смытые почвы – 4 %.

Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики, поэтому наибольшие площади смытых почв сосредоточены в Витебской, Могилевской и Минской областях. По административным районам наблюдаются значительные колебания площадей эродированных почв. Наибольшие площади их в составе пахотных земель (>20 %) в Новогрудском, Воложинском, Кореличском, Горецком и Мстиславском районах, значительные площади (15–20 %) – в районах распространения холмисто-моренного ландшафта (Браславский, Городокский, Лепельский).

В Северной почвенно-географической провинции интенсивность водно-эрозионных процессов определяется, в первую очередь, климатическими условиями, во вторую – геоморфологическими, в третью – почвенными. В Центральной провинции более высокий вклад имеет почвенно-антропогенный фактор. Поэтому в Северной провинции приоритетным направлением в выборе противоэрозионных мероприятий являются агротехнические приемы, направленные на регулирование поверхностного стока, в Центральной провинции – формирование сбалансированной структуры посевов и внедрение почвозащитных севооборотов.

Библиографические ссылки

1. Oldeman LR. Impact of soil degradation: A global scenario. In: International conference on managing natural resources for sustainable agricultural production on the 21st, New-Dehli, 2000 February 14–18. New-Dehli: [publisher unknown]; 2000. 11 p.
2. The state of food and agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome: [publisher unknown]; 2012. 166 p.
3. Стратегия реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. Совместный проект Европейского Союза и Программы развития ООН «Построение потенциала в области Стратегической экологической оценки и в области реализации природоохранных конвенций в Республике Беларусь». Минск: Белсэнс; 2010. 43 с.
4. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Том 1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Москва: Институт им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии; 2013. 756 с.
5. Черныш АФ и др. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка. *Почвоведение и агрохимия*. 2016;2(57):7–18.
6. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почвы при изучении водной эрозии. Ленинград: Гидрометеониздат; 1975. 88 с.
7. Принципы организации и методы стационарного изучения почв. Москва: Наука; 1976. 415 с.
8. Чалова РС, Сидорчука АЮ, Голосова ВН, редакторы. *Эрозионно-русловые системы*. Москва: ИНФРА-М; 2017. 702 с.
9. Кузнецов ГИ, Смеян НИ, редакторы. *Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь*. Минск: Оргстрой; 2001. 432 с.
10. Лапа ВВ и др. *Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь*. Лапа ВВ, Черныш АФ, редакторы. Минск: Институт почвоведения и агрохимии; 2017. 170 с.

References

1. Oldeman LR. Impact of soil degradation: A global scenario. In: International conference on managing natural resources for sustainable agricultural production on the 21st, New-Dehli, 2000 February 14–18. New-Dehli: [publisher unknown]; 2000. 11 p.
2. The state of food and agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome: [publisher unknown]; 2012. 166 p.
3. *Strategiya realizatsii Konventsii OON po bor'be s opustynivaniem v tekh stranakh, kotoryye ispytyvayut ser'yeznuyu zasukhu i/ili opustynivaniye, osobenno Afrike. Sovmestnyy proyekt Yevropeyskogo Soyuzu i Programmy razvitiya OON «Postroyeniye potentsiala v oblasti Strategicheskoy ekologicheskoy otsenki i v oblasti realizatsii prirodookhrannykh konventsiy v Respublike Belarus»* [Strategy for the Implementation of the UN Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, especially in Africa / Joint Project of the European Union and the UN Development Programme «Capacity building in the field of Strategic environmental assessment and in the implementation of environmental conventions in the Republic of Belarus»]. Minsk: Belsens; 2010. 43 p. Russian.
4. *Nauchnyye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Rossii i formirovaniye sistem vosproizvodstva ikh plodorodiya v adaptivno-landshaftnom-zemledelii. Tom 1. Teoreticheskiye i metodicheskkiye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaystvennykh ugodiy* [Scientific foundations for preventing degradation of soils (lands) of agricultural lands in Russia and the formation of systems for the reproduction of their fertility in adaptive landscape agriculture. Volume 1. Theoretical and methodological foundations for preventing degradation of soils (lands) of agricultural lands]. Moscow: Soil. Institute im. V. V. Dokuchaev of the Russian Agricultural Academy; 2013. 756 p. Russian.
5. Chernysh AF, et al. Degradatsiya pochv sel'skokhozyaystvennykh zemel' Belarusi: vidy i kolichestvennaya otsenka [Degradation of soils of agricultural lands of Belarus: types and quantitative assessment]. *Soil science and Agrochemistry*. 2016;2(57):7–18. Russian.
6. *Metodicheskkiye rekomendatsii po uchetu poverkhnostnogo stoka i smyva pochvy pri izuchenii vodnoy erozii* [Methodological recommendations for taking into account surface runoff and soil flushing in the study of water erosion]. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1975. 88 p. Russian.
7. *Printsipy organizatsii i metody statsionarnogo izucheniya pochv* [Principles of organization and methods of stationary soil study]. Moscow: Nauka; 1976. 415 p. Russian.
8. Chalova RS, Sidorchuk AYU, Golosova VN, editors. *Erozionno-ruslovyeye sistemy* [Erosion-channel systems: monograph]. Moscow: INFRA-M; 2017. 702 p. Russian.
9. Kuznetsova GI, Smeyana NI, editors. *Pochvy sel'skokhozyaystvennykh zemel Respubliki Belarus* [Soils of agricultural lands of the Republic of Belarus]. Minsk: Orgstroy; 2001. 432 p. Russian.
10. Lapa VV et al. *Atlas pochv sel'skokhozyaystvennykh zemel Respubliki Belarus* [Atlas of soils of agricultural lands of the Republic of Belarus. Lapa VV, Chernysh AF, editors]. Minsk: Institute of Soil Science and Agrochemistry; 2017. 170 p. Russian.