

ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 634.434.52

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ/ПОЧВ БЕЛАРУСИ

© 2022 г. А. Н. Червань^{а, б, *}, Н. Н. Цыбулько^а, В. М. Яцухно^{б, **}

^аИнститут почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

^бБелорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*e-mail: ChervanAlex@mail.ru

**e-mail: yatsukhno@bsu.by

Поступила в редакцию 22.07.2021 г.

После доработки 23.08.2021 г.

Принята к публикации 12.10.2021 г.

В статье отражен многолетний опыт научных исследований определения роли и влияния биофизических, социально-экономических и территориально-организационных факторов на проявление деградационных процессов земель (включая почвы) и их эколого-экономические последствия в Республике Беларусь. Предложена научно обоснованная система национальных критериев и индикаторов деградации земель, гармонизированных со стратегическими целями реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН). Подробно изложена разработанная научно-методическая база, используемая при выявлении, картографировании, оценке состояния и ведении мониторинга земель (почв), подверженных водной и ветровой эрозии, ускоренной трансформации органогенных (торфяных) почв, радиационно загрязненных сельскохозяйственных земель, земель нарушенных при добыче торфа и песчано-гравийных смесей, расширения транспортной инфраструктуры. Процессы деградации земель в Беларуси соотнесены с методическими подходами и практическим применением мероприятий по их преодолению в аспекте действующей законодательной базы и технических нормативно-правовых актов. Рассмотрены территориальные аспекты проявления процессов деградации почвенно-земельных ресурсов с учетом почвенно-экологического районирования и административно-территориального устройства Республики Беларусь. Приводятся примеры практического использования результатов оценки деградации земель при подготовке Стратегии и Национального плана действий, направленных на ее предотвращение, достижение нейтрального (нулевого) баланса деградации земель и их восстановления, обосновании и внедрении инновационных агротехнологий, совершенствовании территориально-планировочных мероприятий, смягчении последствий изменения климата. Предложена система мероприятий по совершенствованию нормативно-правового, институционального и научно-методического обеспечения для успешного решения проблемы, связанной с предотвращением и борьбой с деградацией земель/почв в республике.

Ключевые слова: деградация земель/почв, землепользование, виды деградации земель/почв, критерии и индикаторы, научно-методическое обеспечение

DOI: 10.31857/S2587556622010058

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь, не отличающейся богатыми запасами полезных ископаемых, в том числе углеводородного сырья, почвенно-земельные ресурсы играют первостепенную роль в социально-экономическом развитии страны, сохранении и устойчивом функционировании наземных экосистем, предоставляющих широкий спектр выгод и благ. Однако в последние несколько десятилетий острую тревогу вызывают проявления процессов деградации земель/почв, что обусловлено, в первую очередь, факторами антропогенного характера — несбалансирован-

ным интенсивным землепользованием, усиливающим техногенное загрязнение почв; частым несоблюдением норм законодательства и технологических регламентов по охране и использованию земель. Кроме того, процессы деградации земель усугубляются экстремальными климатическими явлениями, особенно засухами, заморозками, переувлажнением, проявление которых негативно отражается на структурно-функциональных свойствах почв и в целом ландшафтов.

Долгие годы важнейшим приоритетом земельной политики в республике являлась рациональность использования земель сельскохозяйственного

назначения. Однако она была связана с площадью землепользования (землевладения), освоенностью территории (долей сельскохозяйственных земель в общей площади), распаханностью (долей пашни в площади сельскохозяйственных земель), составом и структурой посевов, урожайностью сельскохозяйственных культур и т.д. Эти же показатели использовались для оценки результатов исключительно хозяйственной деятельности предприятий, формирования отчетных показателей, планирования развития производства и распределения ресурсов. Изложенная система приоритетов была предпосылкой и теоретическим обоснованием для широкомасштабного освоения и вовлечения в сельскохозяйственный оборот все новых и новых земель и их пространственного укрупнения. В результате этого общая площадь сельскохозяйственных земель составила 40,8% территории республики (на одного жителя страны приходится 0,95 га). По этим показателям Беларусь занимает одно из ведущих мест в Европе (Природа ..., 2020).

Во многих случаях эти действия не выдерживают критики ни с экономической, ни с экологической точки зрения: развивался ряд негативных тенденций (уменьшение плодородия почв, усиление водной и ветровой эрозии, проявление химического и радиоактивного загрязнения, дисбаланса гумуса, коренная трансформация осушенных торфяных почв, усиление внутривидовой неоднородности почвенного покрова и др.).

В контексте актуальности и необходимости принятия мер, направленных на предотвращение разрушения земель, и разделяя тревогу за состояние земельных ресурсов в мире, Республика Беларусь согласно Указу Президента Республики Беларусь от 17 июля 2001 г. № 393 присоединилась к Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием. При этом было подчеркнуто, что сохранение земель (включая почвы) и их эффективное использование и охрана являются одним из приоритетных направлений политики устойчивого развития и обеспечения экологической безопасности государства. В принятой в 2010 г. Конвенции национальной безопасности деградация земель, лесов и природных комплексов, радиоактивное, химическое и биологическое загрязнение почв, земель признаны одними из основных угроз национальной безопасности¹, их предотвращение является приоритетным направлением государственной политики в области охраны окружающей среды на период до 2025 г. (Стратегия ..., 2011). Актуальность вопросов деградации земель отмечена в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республи-

ки Беларусь на период до 2030 года, одобренной Президиумом Совета Министров Республики Беларусь 10 февраля 2015 г.

Все это заметно стимулировало разработку научно-методической и создание информативно-аналитической базы определения унифицированных подходов при выделении, классификации, картографировании и оценке процессов деградации земель и, самое главное, обосновании практических мероприятий по защите земель (включая почвы) от проявления на них процессов деградации.

Целью настоящей работы является соотнесение процессов деградации земель в Беларуси с методическими подходами и практическим применением мероприятий по их преодолению в аспекте действующей законодательной базы и технических нормативно-правовых актов. Критерии и показатели оценки деградации земель/почв основаны на результатах многолетних научно-исследовательских и производственных работ в Институте почвоведения и агрохимии и Институте мелиорации Национальной академии наук Беларуси, Белорусском государственном университете и Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, проектных институтах Белгипрозем и Белгипроводхоз.

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНИ ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ

Несмотря на то, что вопросы деградации земель, а также определение мероприятий по достижению цели устойчивого землепользования в Беларуси уже довольно длительное время обсуждаются и нашли отражение в ряде научных исследований (Методические ..., 1998; Червань, 2020; Яцухно, 2003), до недавнего времени в отечественных законодательных актах, инструктивно-технологических документах и научно-методической литературе отсутствовали какие-либо единые унифицированные определения в области деградации земель, обоснованные критерии для выделения и классификации соответствующих процессов и вытекающих последствий, а также методы и порядок сбора, обработки, хранения и использования данных о них.

В первую очередь были упорядочены и законодательно закреплены такие термины и понятия, как “деградация земель”, “деградированные земли”, “земля (земли)”². Слово “деградация”, как известно, означает ухудшение или утрату исходных свойств, т.е. снижение качества, а также переход в связи с этим на более низкий качественный уровень в соответствии с принятой градаци-

¹ Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2010. № 276—1/12080.

² Кодекс Республики Беларусь о земле. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008. № 187—2/1522.

ей. Термин “качество” используется чаще всего в двух значениях: как совокупность свойств, обуславливающих способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением вещи, продукции, услуги, товара и т.д., и как совокупность признаков, свойств и особенностей, отличающих один предмет или явление от других³. На наш взгляд, первое значение целесообразно использовать применительно к деградации как процессу, а второе — к его результату, полагая, что в процессе деградации качество в итоге принимает дискретные значения, обусловленные новыми свойствами объекта, и предопределяет перевод его на другой, более низкий уровень (единицу) градации.

С учетом изложенного даны следующие определения. *Деградация земель* — процесс снижения качества земель в результате вредного антропогенного и (или) природного воздействия; *деградированные земли* — земли, потерявшие в результате деградации свои исходные полезные свойства до состояния, исключающего возможность их эффективного использования по целевому назначению.

Процессы деградации целесообразно рассматривать и оценивать по определенным критериям и показателям в первую очередь внутри одной категории и вида земель, а факт их деградации должен означать необходимость отнесения (перевода) их в другие категории и виды (подвиды, разновидности). Иначе невозможно установить критерии выявления процессов деградации земель и отнесения земель к деградированным (Помелов, 2006).

Для определения сущности проявления процессов деградации земель, их изучения и анализа, разработки и обоснования мероприятий по предотвращению деградации и восстановлению деградированных земель их следует дифференцировать в зависимости от свойств земли и его ключевого компонента — почвы, на которые влияют процессы деградации в каждом конкретном случае. Перспективен подход типизации объектов землепользования (землеустройства) для определения иерархии требуемых противодеградационных мероприятий: в Российской Федерации идентифицированы 15 адаптивных систем землепользования, направленных на нейтрализацию процессов деградации земель (Andreeva et al., 2021). Все это позволило выделить на территории Беларуси 20 видов деградации земель (почв) (Стратегия ..., 2015), из которых к наиболее опасным и территориально выраженным отнесены: 1) водная эрозия почв; 2) дефляция почв; 3) минерализация (разрушение) осушенных торфяных почв; 4) радиационное загрязнение почв в результате аварии на Черно-

быльской АЭС; 5) выгорание осушенных торфяников (пирогенная деградация) земель; 6) загрязнение земель (включая почвы) химическими и иными веществами; 7) переуплотнение почв; 8) подтопление и заболачивание земель; 9) нарушение земель (включая почвы) при разработке месторождений (добыче) полезных ископаемых и их переработке, при проведении строительных и иных работ.

Приведенный перечень преобладающих видов деградации почвенно-земельных ресурсов Беларуси является типичным для стран Центральной и Восточной Европы (Soil ..., 2016). При многообразии видов деградации земель на территории Беларуси возникла безотлагательная необходимость разработки и официального утверждения технологического нормативно-правового акта, регулирующего и определяющего выявление, картографирование, оценку и учет процессов деградации земель (почв), а также выполнение контроля за использованием и охраной земель и осуществление мероприятий по восстановлению деградированных земель. В результате совместных усилий научного сообщества республики был разработан такой документ — технический кодекс установившейся практики (ТКП), определяющий порядок выполнения работ по определению деградации земель (почв), включая перечень критериев и индикаторов, характеризующих степень различных видов деградации земель (почв) (табл. 1).

Изложенный в ТКП порядок и правила работ по определению деградации земель (почв), а также установление степени их деградации является обязательным при:

- крупномасштабном почвенном обследовании земель или корректировке почвенных материалов, осушенных и прилегающих к ним земель;
- агрохимическом обследовании сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций;
- радиологическом обследовании земель;
- сличении материалов земельно-информационной системы (ЗИС) с актуальными данными ДЗЗ при ведении (эксплуатации) ЗИС;
- разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства;
- разработке схем землеустройства административных районов;
- инвентаризации мелиоративных систем и (или) отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- разработке проектов реконструкции мелиоративных систем и (или) отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- осуществлении контроля за использованием и охраной земель, а также по результатам проведения мониторинга, мероприятий технического

³ Кодекс Республики Беларусь о земле. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008. № 187—2/1522.

Таблица 1. Виды (формы), критерии оценки и показатели степени деградации земель (почв)

Вид (форма) деградации земель (почв)	Критерии оценки степени деградации земель (почв)	Показатели степени деградации*			
		1	2	3	4
1. Водная эрозия почв	Уменьшение мощности** плодородного (гумусированного) слоя почвы, %***	10–25	>25–50	>50–75	>75
	Появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности земли, см	21–40	>40–100	>100–200	>200
	Появление или увеличение мощности** абиотического (неплодородного) наноса, см	3–10	>10–20	>20–40	>40
	Содержание гумуса, %***	1.80–1.30	1.29–1.00	0.99–0.70	0.69–0.40
	Запасы гумуса, т/га***	49–35	<35–20	<20–10	<10
2. Ветровая эрозия (дефляция) почв	Уменьшение мощности** плодородного (гумусированного) слоя почвы, %	10–25	>25–50	>50–75	>75
	Появление или увеличение мощности** абиотического (неплодородного) наноса, см	3–10	>10–20	>20–40	>40
3. Минерализация (разрушение) осушенных торфяно-болотных почв	Уменьшение мощности торфяного слоя, см в год	2–4	>4–6	>6–8	>8
	Уменьшение мощности** торфяного слоя, %	10–30	>30–50	>50–80	>80
	Содержание органического вещества в слое 0–20 см, %	<50–30	<30–10	<10–5	<5
4. Радионуклидное загрязнение почв	Плотность загрязнения почв, Ки/км ² :				
	Цезием-137	1.0–4.9	>4.9–9.9	>9.9–15.0	>15.0
5. Выгорание осушенных торфяников (пирогенная деградация земель)	Стронцием-90	0.15–0.30	>0.30–0.50	>0.50–1.0	>1.0
	Уничтожение, нарушение органогенных горизонтов у осушенных торфяников вследствие их выгорания	Очень высокая степень деградации			
6. Загрязнение земель (включая почвы) химическими и иными веществами	Превышение норматива предельно допустимой концентрации химических и иных веществ, кратность, раз	>1–5	>5–20	>20–50	>50
	Превышение показателя фоновой концентрации при отсутствии установленного норматива предельно допустимой концентрации химических и иных веществ, кратность, раз	>2–10	>10–40	>40–100	>100
7. Переуплотнение почв	Увеличение равновесной плотности пахотного горизонта, % от исходного	11–20	>20–30	>30–40	>40
8. Подтопление и заболачивание сельскохозяйственных земель	Повышение** среднесуточного уровня	0.65–0.50	<0.50–0.35	<0.35–0.20	<0.20
	залегающих грунтовых вод, расстояние до поверхности земли, м				
	Доля площади контура (контуров) сельскохозяйственных земель с погибшей растительностью и (или) с появившейся (увеличившей удельный вес) влаголюбивой (болотной) растительностью в площади земельного контура или земельного участка, %	5–15	>15–40	>40–70	>70
9. Нарушение земель при разработке месторождений (добыче) полезных ископаемых и их переработке, проведении строительных и иных работ	Снятие, уничтожение, нарушение (в том числе в результате нанесения слоя неплодородного грунта) плодородного слоя почвы	Очень высокая степень деградации			

* 1 – низкая степень деградации; 2 – средняя степень деградации; 3 – высокая степень деградации; 4 – очень высокая степень деградации.

** По сравнению со значением показателя по данным предыдущих обследований.

*** Применяется для минеральных почв.

Составлено по: ТКП 17.03-05-2018 Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Порядок выполнения работ по определению деградации земель (почв). Минск, 2018. 18 с.

Таблица 2. Критерии и индикаторы (показатели) степени деградации торфяных почв, используемых в сельскохозяйственных целях

Критерий	Степень деградации*				
	0	1	2	3	4
Уменьшение мощности органогенного слоя, см/год	<0.3	0.3–0.8	0.8–2.5	2.5–4.0	>4.0
Уменьшение мощности органогенного слоя, % от исходного	<10	10–30	30–50	50–80	>80
Содержание органического вещества (ОВ) в слое 0–20 см, %	>50	50.0–30.1	30.0–10.1	10.0–5.0	<5
Зольность в слое 0–20 см, %	<50	50.0–69.9	70.0–89.9	90.0–95.0	>95
Уровень грунтовых вод, м	0.5–0.8	0.8–1.1	1.1–1.5	1.5–2.0	>2.0
Плотность (0–20 см слоя), г/см ³	<0.5	0.5–0.7	0.7–0.9	0.9–1.3	>1.3
Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур, %	0–5	5–25	25–50	50–80	>80
Потери органического вещества торфа, т/га	<10.0	10–35	35–75	75–90	>90
Выброс CO ₂ в атмосферу, т/га в год	<5.0	5–15	15–35	35–45	>45

* 0 – нулевая; 1 – низкая; 2 – средняя; 3 – высокая; 4 – очень высокая.

(технологического, поверочного) характера, полевых мероприятий;

– осуществлении аналитического (лабораторного) контроля в области охраны окружающей среды, производственного контроля и обследования земель (включая почвы) для определения их загрязнения химическими веществами;

– проведении научных исследований.

Учитывая актуальность и практическую необходимость предотвращения деградации и восстановления деградированных мелиорированных, особенно торфяных почв сельскохозяйственных земель Беларуси, дополнительно был разработан и успешно применяется ТКП, посвященный решению этой проблемы⁴. На основании обобщения огромного экспериментального материала, накопленного в результате многолетних наблюдений за трансформацией торфяных почв, был расширен перечень показателей, характеризующих степень их деградации (Черныш, 2016) (табл. 2).

Известно, что процессы деградации земель и интенсивность их проявления предопределяются различными видами антропогенных нагрузок на почвенный покров (Деградация ..., 2002), что требует выявления и экологического нормирования состояния почв и воздействия на них (Евдокимова, 2013), в том числе с использованием современных геоинформационных технологий (Червань, 2013).

В системе экологического нормирования особо следует выделить принцип адаптированности, использование которого предполагает приспособ-

ление его методов и задач к устойчивости почв к антропогенному воздействию, а также к изменяющимся внешним условиям, как естественным, так и техногенным. Реализация адаптации нормативов антропогенного влияния на фоне динамики естественных условий предусматривает проведение мониторинговых наблюдений. В Республике Беларусь оценка состояния почв агрофитоценозов по агрофизическим критериям выполняется на основе приведенных в табл. 3 оптимальных, допустимых, неудовлетворительных или критических значений. В качестве основных физических показателей, являющихся наиболее информативными для характеристики физического состояния почв, используются плотность сложения почвы, ее структурное состояние и водно-физические свойства.

Таким образом, для оценки степени деградации почв и земель предлагается использовать градацию показателей состояния почв, характерные для отдельных типов деградации и унифицированные по уровням потери природно-хозяйственной значимости земель. В случае если разные типы деградации имеют аналогичные показатели, определения их значений производятся для диагностики каждого типа деградации с учетом специфики конкретного процесса в соответствии с перечнем возможных типов деградации. Деградация почв и земель по каждому показателю характеризуется пятью степенями: 0 – недеградированные (ненарушенные); 1 – слабodeградированные (низкая степень деградации); 2 – среднедеградированные (средняя); 3 – сильнодеградированные (высокая); 4 – очень сильнодеградированные (разрушенные – очень высокая степень деградации).

На основе имеющихся экспериментальных данных степени деградации соизмерены с уровнями потери природно-хозяйственной значимости почв сельскохозяйственных земель:

⁴ ТКП 17.03-04-2014 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Предотвращение деградации и восстановление деградированных мелиорированных нарушенных сельскохозяйственных земель. Общие положения. Минск, 2014. 22 с.

Таблица 3. Показатели агрофизических свойств и морфологические признаки почв земель сельскохозяйственного назначения

Показатель*		Критерий оценки состояния			
		оптимальное	допустимое	неудовлетворительное	критическое
Морфологические					
Мощность Ап, см		Более 30	20–30	10–20	Менее 10
Мощность АТп, см		Стабильный	Уменьшен, менее 1 см/год	Уменьшен, 2–3 см/год	Полная минерализация
Агрофизические					
Плотность Ап, г/см ³		Менее 1.10	1.20–1.30	1.40–1.50	Более 1.50
Плотность А ₂ , г/см ³		Менее 1.30	1.40–1.50	1.60–1.70	Более 1.70
Плотность Ап	Суглинистые	1.10–1.30	1.30–1.35	1.35–1.43	1.43–1.55
	Супесчаные	1.30–1.40	1.40–1.45	1.45–1.50	1.50–1.60
	Песчаные	1.40–1.50	1.50–1.55	1.55–1.63	1.63–1.65
	Торфяные (осушенные)	0.20–0.30	0.30–0.40	0.40–0.50	Более 0.50 Менее 0.10
Порозность Ап, %		60–53	53–47	47–42	Менее 42
Порозность Ап, %		55–50	50–45	45–40	Менее 40
Содержание водопрочных агрегатов, %		Более 55	55–40	40–20	Менее 20

* Ап — пахотный горизонт минеральной почвы; АТп — пахотный горизонт органогенной почвы; А₂ — подпахотный (элювиальный) горизонт почвы.

— нулевой: отсутствие признаков неблагоприятных экологических последствий и ограничений эффективного хозяйственного использования; характеризуется отсутствием ограничений на виды землепользования, рекомендуемые для данного типа земель, и отсутствием достоверного снижения урожайности и качества растениеводческой продукции по сравнению с эталонами почв данного класса;

— слабый: незначительное снижение продуктивности агроценозов, качества производимой продукции или повышение себестоимости производства основных сельскохозяйственных культур (на 10–25%) по сравнению с соответствующими недеградированными (эталонными) землями, имеющими аналогичное расположение в рельефе и инфраструктуре хозяйства. Использование земель в аграрном производстве без ограничений;

— средний: снижение продуктивности или качества основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в данных условиях (на 25–50%), повышение себестоимости их производства в 1.3–2 раза или снижение санитарно-экологического качества получаемой продукции в 2–3 раза. Использование земель для производства сельскохозяйственной продукции малоэффективно на фоне ухудшения условий обработки почвы и ускорения деградации;

— высокий: нецелесообразность использования земель в аграрном производстве вследствие

очень сильного снижения продуктивности основных сельскохозяйственных культур (на 50–75%), повышение себестоимости их производства в 2–3 раза или снижение санитарно-экологического качества получаемой продукции в 3–10 раз. При этом резко ограничивается набор возможных видов сельскохозяйственных культур;

— катастрофический: ограниченность использования территории для жизни человека (например, высокий уровень техногенного загрязнения) и размещения аграрного производства. Продуктивность традиционных сельскохозяйственных культур падает более чем в 4 раза или отмечается сильное превышение ПДК загрязнителями в получаемой продукции.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

Проявление эрозионных процессов в республике имеет региональные особенности. В северной и центральной почвенно-географических провинциях, в которых более выражен холмистый рельеф и преобладают почвы связного гранулометрического состава, наиболее активно протекают водно-эрозионные процессы. В южной (Полесской) провинции, где выполнен большой объем осушительной мелиорации и преобладают почвы легкого гранулометрического состава, а

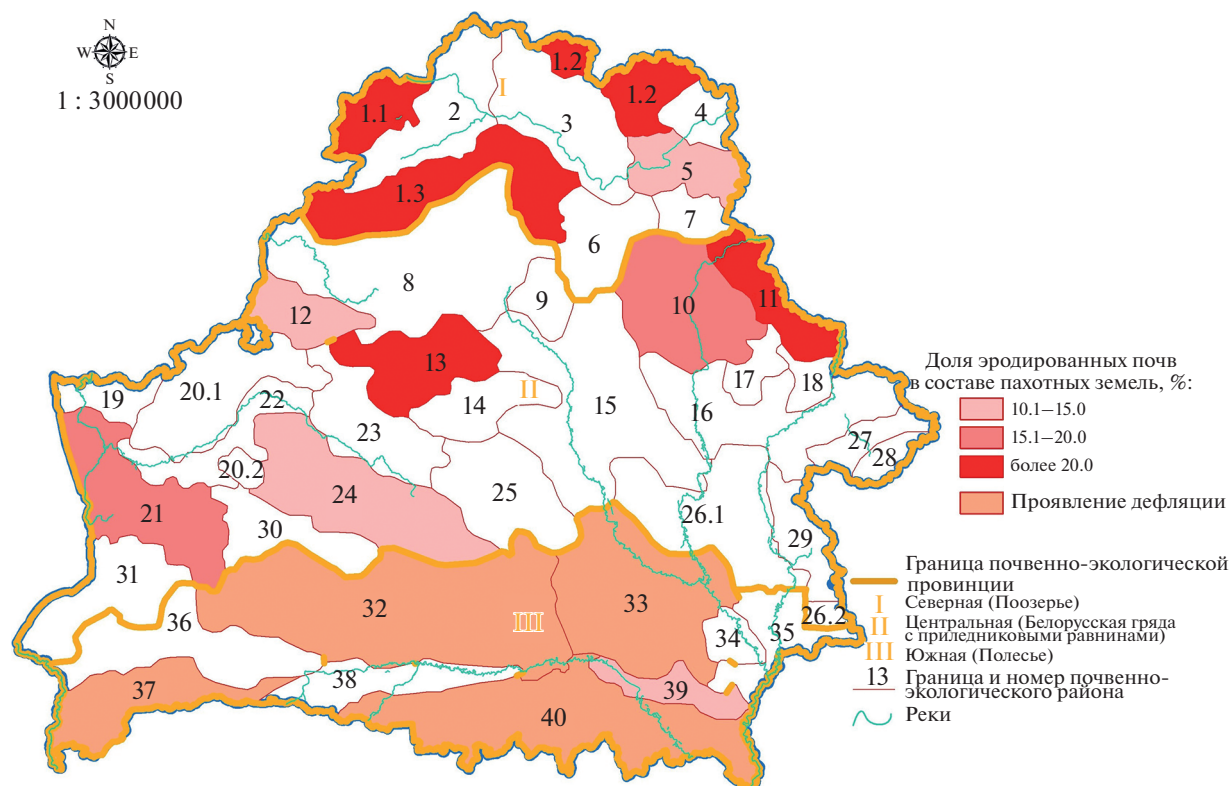


Рис. 1. Проявление водной эрозии и дефляции почв сельскохозяйственных земель в почвенно-экологических районах Беларуси.

также осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии.

Степень проявления водно-эрозионных процессов в республике обусловлена пространственным сочетанием геоморфологических и почвенных особенностей территории, а также характером сельскохозяйственного использования земель. Водной эрозии почв подвержено 7.2% общей площади земель сельскохозяйственного назначения, что составляет более 550 тыс. га. По данным второго тура почвенного обследования в республике зафиксировано 361.7 тыс. га эродированных почв пахотных земель, в том числе слабой (240.1 тыс. га), средней (105.3 тыс. га) и сильной (16.3 тыс. га) степени.

На рис. 1 отражено проявление водно-эрозионных процессов и дефляции в разрезе почвенно-экологического районирования. Наиболее уязвимым к водной эрозии является регион распространения лёссов, лёссовидных пород — Горецкий, Мстиславский районы Могилевской области и часть Кореличского района Гродненской области. Дефляционно-опасные земли составляют 41.2% всех пахотных земель, или 2108.2 тыс. га, это легкие в гранулометрическом отношении почвы, а также органогенные осушенные торфяные. Наибольшее распространение дефляция получила в южной почвенно-экологической про-

винции. По данным метеорологических станций за период 40 лет в Белорусском Полесье зарегистрировано более 300 случаев проявления экстремальной дефляции, и их число растет на фоне глобального изменения климата. Здесь распространены пыльные бури средней и высокой интенсивности. Большинство пыльных бурь отмечается в теплый период года: весной — 52.2% от общего количества, летом — 37.8%, осенью — 9.4%.

По административным районам наблюдаются значительные колебания по доле эродированных почв в составе пахотных земель. Минимальную долю (менее 1%) имеют 25 районов, в основном сосредоточенные 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%, здесь требуется применение адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе территориального планирования (Червань, 2020). Наибольшие площади почв, подверженных процессам эрозионной деградации, в составе пахотных земель (>20%) отмечены в Новогрудском (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: Браславском — 16.6%; Городокском — 15.0; Ле-

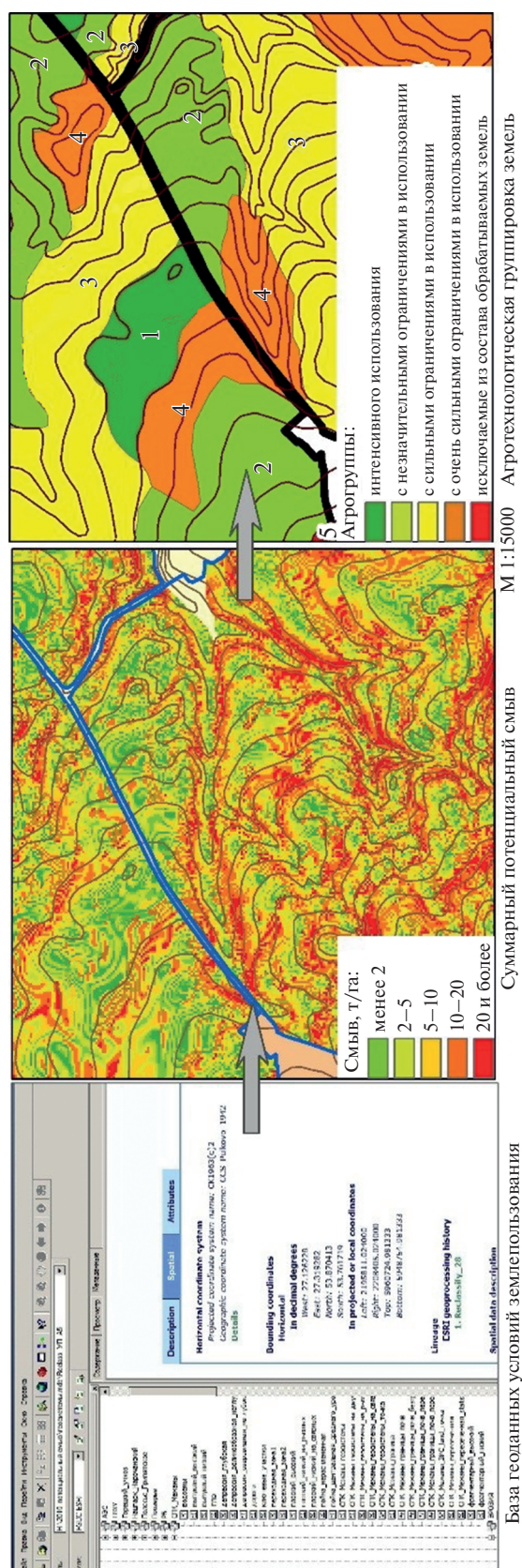


Рис. 2. Агроэкологическая группировка земель по результатам оценки потенциального смыва почв в ГИС. Составлено по: (Червань, 2020).

пельском — 19.3%. Доля дефлированных почв в составе сельскохозяйственных земель значительно меньше, чем почв, подверженных водной эрозии — от 0.2% в Могилевской области до 1.9% в Гомельской. В целом по республике площадь почв, подверженных процессам дефляции, составляет 1.1% от общей площади сельскохозяйственных земель (Почвы ..., 2019).

Развитие эрозионной деградации сельскохозяйственных земель служит заметным снижающим фактором продуктивности возделываемых культур. Об этом свидетельствует применение в кадастровой оценке таких земель поправочных коэффициентов к исходному баллу пахотных земель (Кадастровая ..., 2017). Так, поправочные коэффициенты, установленные по результатам продуктивности в производственных посевах, для слабоэродированных почв составляют 0.884; среднеэродированных — 0.736; сильноэродированных — 0.609. Проведенная эколого-экономическая оценка размеров ущерба, нанесенного водной эрозией почв, за счет недобора урожая сельскохозяйственных культур и потерь питательных веществ в почвах ежегодно составляет около 25.0 млн долл. США (Яцухно, 2020). На дефлированных почвах общая сумма неполученного чистого дохода составляет свыше 1.5 млн долл. США.

С целью улучшения соблюдения землепользователями нормативов возможно использование методов экономического стимулирования. В первом приближении основной методики стимулирования может служить изученное влияние элементов почвозащитного земледелия на показатели эрозионной устойчивости почв и установленные нормативы их почвозащитной способности (табл. 4).

Проектирование севооборотов осуществляется с учетом нормативов допустимого смыва почв, а следовательно, затрат на его предотвращение, которые возрастают по мере усложнения агроландшафта — неоднородности структуры почвенного покрова. При активном развитии геоинформационных технологий и методов пространственного анализа данных картометрический учет неоднородности структуры почвенного покрова как наиболее коррелирующего фактора нормирования антропогенной нагрузки на почвы в агроландшафтах позволяет сформировать топологические модели их устойчивости в условиях техногенного воздействия. Агроэкологическая группировка земель и оценка потенциального смыва почв под действием водно-эрозионных процессов осуществляется с использованием геоинформационных средств (рис. 2).

Особую тревогу за экономическое состояние и нанесенный экономический ущерб вызывают использованные в сельскохозяйственных целях осушенные торфяные почвы. Общая площадь сельскохозяйственных земель Беларуси, подвер-

Таблица 4. Нормативы почвозащитной способности (H_{zc}) и показатель эрозионной опасности дифференцированных севооборотов (H) для почв, подверженных водной эрозии и дефляции

Соотношение культур, %					Н _{зс}	Н
пропашные	яровые зерновые и зернобобовые	озимые зерновые	однолетние травы	многолетние травы	водная эрозия/дефляция	
Зернопропашные севообороты						
42.8	28.6	28.6	0	0	0.52	0.48
28.6	42.8	28.6	0	0	0.58	0.42
Зернотравяно-пропашные севообороты						
33.4	33.4	16.6	16.6	0	0.54	0.46
22.2	33.5	11.1	0	22.2	0.58	0.42
33.4	33.4	16.6	0	16.6	0.59	0.41
25.0	25.0	25.0	25.0	0	0.60/0.60	0.40/0.40
20.0	40.0	20	20	0	0.61/0.61	0.39/0.39
25.0	25.0	25	12.5	12.5	0.63/0.63	0.37/0.37
28.7	14.2	28.7	14.2	14.2	0.63	0.37
14.2	28.7	28.7	14.2	14.2	0.70/0.70	0.30/0.30
25.0	25.0	25	0	25	0.71	0.29
14.2	28.7	14.2	14.2	28.7	0.72/0.70	0.28/0.30
12.5	37.5	12.5	0	37.5	0.74/0.74	0.26/0.26
12.5	25.0	37.5	0	25.0	0.77	0.23
12.5	12.5	12.5	0	62.5	0.81	0.19
6.2	12.5	25	6.3	50	0.82/0.82	0.18/0.18
Зернотравяные севообороты						
0	25.0	25.0	37.5	12.5	0.75/0.75	0.25/0.25
0	28.6	28.6	14.2	28.6	0.82	0.18
0	28.6	42.8	0	28.6	0.85	0.15
0	30.0	30.0	0	40.0	0.86	0.14
0	20.0	40.0	0	40.0	0.88/0.88	0.12/0.12
0	25.0	25.0	0	50.0	0.88	0.12
Травяно-зерновые севообороты						
0	25.0	12.5	25	37.5	0.80/0.74	0.20/0.26
0	12.5	25	12.5	50	0.86/0.85	0.14/0.15
0	14.3	28.6	14.3	42.8	0.86	0.14
0	14.2	14.2	14.2	57.4	0.88	0.12
0	12.5	12.5	12.5	62.5	0.88/0.88	0.12/0.12
0	12.5	25	0	62.5	0.91/0.88	0.09/0.12
0	0	14.2	14.2	71.6	0.92	0.08
0	12.5	12.5	0	75.0	0.92/0.92	0.08/0.08
0	0	30.0	0	70.0	0.94/0.94	0.06/0.06
0	0	33.0	0	67.0	0.95	0.05
0	0	25.0	0	75.0	0.96/0.96	0.04/0.04
0	0	20.0	0	80.0	0.96	0.04

Составлено по: (Черныш, 2016).

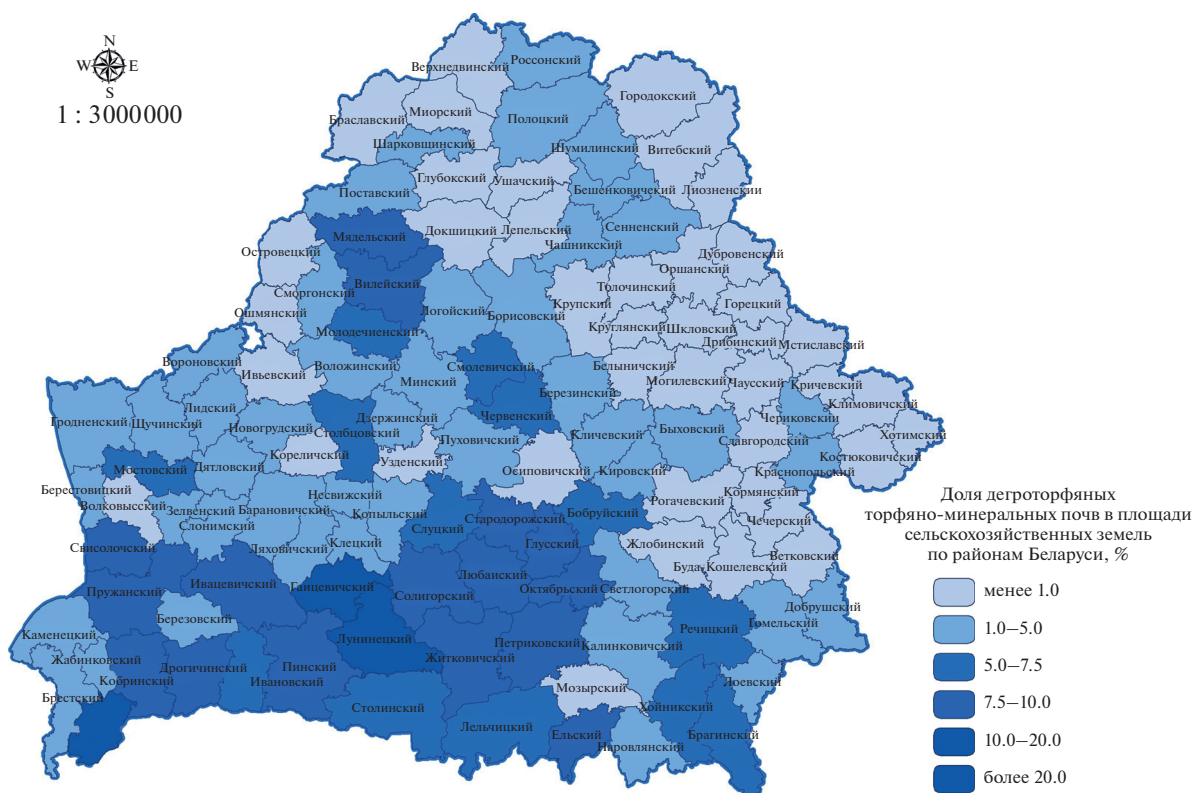


Рис. 3. Распространение деградированных торфяно-минеральных почв в составе сельскохозяйственных земель по административным районам Беларуси, %.

женных гидротехнической мелиорации, составляет около 2.9 млн га, из них органогенные почвы занимают свыше 1.1 млн га. Главным образом они сконцентрированы в южном регионе – Белорусском Полесье. В результате длительного и довольно интенсивного их использования эти почвы подвергались ускоренной минерализации органического вещества (ОВ). Это дало основание выделить отдельный тип деградированных почв с содержанием органического вещества менее 50% (Осушенные ..., 2018). Последние подразделяются на торфяно-минеральные почвы (ОВ – 50–20%), минеральные остаточные торфяные (ОВ – 20.1–5.0%), минеральные постторфяные (ОВ – менее 5.0%). Общая площадь таких почв в республике составляет 312.9 тыс. га (рис. 3). Снижение продуктивности возделывания сельскохозяйственных культур на них обусловлено наряду с потерей органического вещества нарушением водного режима, а также ростом внутриводной пестроты почвенного покрова, в том числе за счет обнажения на поверхности рыхлопесчаных отложений.

В Республике Беларусь к числу существенных факторов деградации земель, особенно используемых в сельскохозяйственных целях, относится их радиационное загрязнение в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Первоначально было за-

грязнено ^{137}Cs с плотностью выше 37 кБк/м² (>1.0 Ки/км²) более 1.86 млн га сельскохозяйственных земель в 56 административных районах республики (Научные ..., 2011). Основная масса ^{137}Cs и ^{90}Sr , определяющих уровень радиоактивного загрязнения, выпала на почвенный покров в прочносвязанной форме в составе твердых топливных частиц; значительная часть являлась компонентом аэрозолей (конденсационных выпадений), характерных для районов, удаленных от АЭС. Поверхностный контакт и перемешивание радиоактивных частиц с почвой привели к их трансформации – выщелачиванию из связанного состояния, сорбции почвенным поглощающим комплексом, окислами металлов и минералами. За 35-летний период загрязнения сельскохозяйственные земли претерпели существенные изменения, в первую очередь за счет полураспада вышеуказанных радионуклидов, их горизонтального территориального и вертикального по почвенному профилю перераспределения. О масштабах таких изменений свидетельствуют данные трансформации плотности загрязнения ^{137}Cs , доля которого в общем радиоактивном загрязнении составляет 90% (Рекомендации ..., 2021).

Так, по состоянию на 01.01.2021 в сельскохозяйственном пользовании находится 848.0 тыс. га зе-

Таблица 5. Экспликация сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотности загрязнения ^{137}Cs (по состоянию на 01.01.2021)

Область	Площадь земель, тыс. га	Загрязнено ^{137}Cs >1.0 Ки/км ²		В процентах по плотностям загрязнения, Ки/км ²		
		тыс. га	%	1.0–4.9	5.0–15.0	15.0–40.0
Брестская	1189.9	36.409	3.06	97.59	2.40	0.01
Витебская	1241.8	0.068	0.01	100.00	0.00	0.00
Гомельская	1200.9	510.607	42.52	76.99	20.44	2.57
Гродненская	1075.1	15.064	1.40	98.04	1.96	0.00
Минская	1593.5	40.135	2.52	99.53	0.47	0.00
Могилевская	1076.0	245.765	22.84	81.57	17.07	1.35
Всего по Беларуси	7377.2	848.048	11.50	80.64	17.41	1.95

мель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше, что составляет 11.5% от общей площади землепользования (табл. 5). Из общей площади загрязненных земель 566.1 тыс. га (66.8%) занимают пахотные земли и 281.9 тыс. га (33.2%) – луговые земли.

За послеаварийный период формы ^{137}Cs подверглись существенной трансформации. Произошло снижение доли водорастворимых и обменных форм, доступных для растений, и увеличение фиксированных малодоступных форм. Доля прочно фиксированного ^{137}Cs в почвах колеблется от 75 до 95% (Рекомендации ..., 2021). Общая площадь сельскохозяйственных земель с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs от 555 до 1480 кБк/м² (35–40 Ки/км²) составляет 16.5 тыс. га. В настоящее время в республике для загрязненных радионуклидами земель разработаны научно обоснованная нормативная база и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющие обеспечить, с одной стороны, производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, с другой стороны – предотвращение процессов деградации земель путем их реабилитации (Научные ..., 2011).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

Следует отметить, что разработка и осуществление мероприятий по борьбе с деградацией земель относятся к числу приоритетных и практически востребованных направлений государственной земельной политики и регулирования землепользования. Подтверждение этому отражено в статье 1 Кодекса о земле Республики Беларусь, где понятие “охрана земель” – система мероприятий, направленных на предотвращение деградации земель, восстановление деградированных земель. Кроме того, на каждые пять лет на

государственном уровне принимается Национальный план действий по предотвращению деградации земель/почв⁵, реализация которого строго контролируется Межведомственным координационным советом при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В рамках недавно разработанного прогноза окружающей среды до 2035 г. поставлена амбициозная, но вполне выполнимая задача достижения нейтрального баланса деградации земель, подверженных водной и ветровой эрозии, а также деградируемых земель с осушенными торфяными почвами и нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых и различных видов строительной деятельности.

Земли сельскохозяйственного назначения территорий распространения холмисто-моренных ландшафтов краевой ледниковой аккумуляции, а также лёссовидных и лёссовых пород в связи с высокой неоднородностью структуры почвенного покрова и агрофизическими свойствами почв являются первоочередными объектами осуществления мероприятий по борьбе с деградацией земель (включая почвы).

Указанная задача будет осуществляться согласно специальному Техническому руководству, разработанному Секретариатом и Глобальным механизмом Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (Нейтральный ..., 2016). Учитывая масштабы и размеры ущерба вследствие деградации почв на сельскохозяйственных землях, Министерством сельского хозяйства и продовольствия принята Программа мероприятий по повышению плодородия и защиты от деградации почв на 2021–2025 гг., включающая комплекс организационно-территориальных и агротехнических

⁵ О Национальном плане действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 гг., утв. Пост. Совета Министров Республики Беларусь от 15.06.2021, № 341.

мероприятий (Комплекс ..., 2020). Успешное практическое решение этих задач потребует взаимоувязанного осуществления деятельности в ближайшем будущем по следующим направлениям:

- совершенствование экономического механизма регулирования землепользования (обеспечение принципа платности землепользования, повышение регулирующей роли земельного налога и арендной платы, развитие системы компенсационных выплат и др.);
- повышение роли и ответственности местных органов власти и управления, конкретных землепользователей за проведение мероприятий по охране и улучшению земель и выполнение экологических требований;
- разработка региональных схем использования и охраны земель, в том числе для проблемных регионов, схем землеустройства районов, проектов внутрихозяйственного землеустройства, охраны и улучшения земель, а также проектов лесоустройства, гидротехнической мелиорации и градостроительных проектов;
- формирование полного перечня возможных требований и ограничений на хозяйственное использование земель и доведение их до землепользователей путем регистрации в государственном земельном кадастре и отражения в документах, удостоверяющих права на землю;
- интеграция принципов и методов сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, восстановления экосистем в практику территориального планирования;
- продолжение работ по оптимизации землепользования на основе обновленной земельно-кадастровой информации с целью перепрофилирования или исключения из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных земель;
- разработка (совершенствование) методов и технологий проектирования и осуществления мероприятий по инвентаризации, мониторингу, охране и улучшению земель/почв с использованием дистанционных методов и геоинформационных технологий;
- достижение оптимальной структуры сельскохозяйственных земель и посевных площадей; восстановление и поддержание ресурсосберегающих почвозащитных севооборотов, а также разработка и внедрение систем органического земледелия (до 2025 г.) на 2,0% площади сельскохозяйственных земель страны;
- доведение площади реабилитации нарушенных торфяных месторождений к 2025 г. до 70,0 тыс. га;
- гармонизация национального законодательства и институциональной инфраструктуры в области устойчивого использования и охраны зе-

мельных ресурсов со странами Европейского союза и СНГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Деградация и охрана почв / под ред. Г.В. Добровольского. М.: МГУ, 2002. 654 с.
- Евдокимова Н.В. Отечественный и зарубежный опыт экологического нормирования состояния почв и воздействия на них // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева, Н.Т. Рыбальского. М.: НИИ-Природа, 2013. С. 230–240.
- Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / под ред. Г.М. Мороза, В.В. Лапы. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. 208 с.
- Комплекс мероприятий по повышению плодородия и защите от деградации почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 гг., утв. Минсельхозпродом Республики Беларусь от 22.12.2020, № 7. 148 с.
- Методические указания по проектированию почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории в разных ландшафтных зонах Республики Беларусь / под ред. А.Ф. Черныша. Минск, 1998. 43 с.
- Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. Минск: Ин-т радиологии, 2011. 438 с.
- Нейтральный баланс деградации земельных ресурсов. Программа постановки целей. Техническое руководство. КБО ООН, Бонн (Германия), 2016. 77 с.
- Осушенные торфяные и деградированные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое пособие / под общ. ред. В.В. Лапы. Минск: ИВЦ Минфина, 2018. 215 с.
- Помелов А.С. Актуальные вопросы структурирования процессов деградации земель // Земля Беларуси. 2006. № 2. С. 10–15.
- Почвы Республики Беларусь / под ред. В.В. Лапы. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. 632 с.
- Природа Беларуси на рубеже тысячелетий / ред. А.А. Коваленя и др. Минск.: Белорусская наука, 2020. 367 с.
- Рекомендации по эффективному использованию загрязненных радионуклидами эрозийноопасных земель. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2021. 32 с.
- Стратегия реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием. Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 гг., утв. Пост. Совета Министров Республики Беларусь от 29.04.2015, № 361. Минск, 2015. 56 с.
- Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года, одобренная решением коллегии Министерства природных

- ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.01.2011, № 8-Р. Минск, 2011. 19 с.
- Червань А.Н., Черныш А.Ф. Эрозионные агроландшафты Беларуси: борьба с эрозией почв и территориальное планирование землепользования // Эрозионные и русловые процессы. Сб. науч. тр. М.: МГУ, 2020. Вып. 7. С. 338–356.
- Червань О., Черныш А., Устинова Г. Геоінформаційне моделювання у ґрунтозахисній організації агроландшафтів Білорусі // Вісн. Львівського університету. Сер. геогр. 2013. Вип. 44. С. 388–396.
- Черныш А.Ф., Устинова А.М., Червань А.Н., Цыришко В.Б., Касьяненко И.И. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 2 (57). С. 7–18.
- Яцухно В.М., Тишкович О.В. Эколого-экономическая оценка ущерба от водной эрозии почв сельскохозяйственных земель административных районов Беларуси // Вестн. БГСХА. 2020. № 3. С. 212–216.
- Яцухно В.М., Черныш А.Ф. Проблема деградации земель Беларуси: обзорная информация. Минск: БелНИЦ “ЭКОЛОГИЯ”, 2003. 33 с.
- Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The Concept of Sustainable Land Management: Modern State, Models and Typology Development // Arid Ecosys. 2021. V. 11. № 1. P. 1–10.
<https://doi.org/10.1134/S2079096121010029>
- Soil threats in Europe: Status, methods, drivers and effects on ecosystem services. JRC Technical Reports, European Commission. Luxemburg, 2016. 207 p.

Methodological Approaches and Practical Application of the Results of Land/Soil Degradation Assessment in Belarus

A. M. Chervan^{1, 2, *}, M. M. Tsybulka¹, and V.M. Yatsuhno^{2, **}

¹*Institute for Soil Science and Agrochemistry National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

²*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

*e-mail: ChervanAlex@mail.ru

**e-mail: yatsuhno@bsu.by

The article reflects the long-term experience of scientific research in determining the role and influence of biophysical, socioeconomic, and territorial-organizational factors on the manifestation of land degradation processes (including soils) and their ecological and economic consequences in the Republic of Belarus. A scientifically grounded system of national criteria and indicators of land degradation, harmonized with the strategic goals of the implementation of the UN Convention to Combat Desertification (UNCCD), has been proposed. The developed scientific and methodological base is described in detail, used in identifying, mapping, assessing the state and monitoring of lands (soils) exposed to water and wind erosion, accelerated transformation of organogenic (peat) soils, radiation-contaminated agricultural lands, lands disturbed by the extraction of peat and sand-gravel mixtures, expansion of transport infrastructure. Examples of practical constructive use of the results of land degradation assessment in the preparation of the Strategy and the National Action Plan aimed at its prevention, achievement of a neutral (zero) balance of land degradation and their restoration, substantiation and implementation of innovative agricultural technologies, improvement of territorial planning measures, mitigation of the effects of climate change are given. A system of measures is proposed to improve the regulatory, institutional, and scientific-methodological support for the successful solution of the problem related to the prevention and control of land/soil degradation in the republic.

Keywords: land/soil degradation, land use, types of land/soil degradation, criteria and indicators, scientific and methodological support

REFERENCES

- Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The concept of sustainable land management: modern state, models and typology development. *Arid Ecosyst.*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 1–10.
<https://doi.org/10.1134/S2079096121010029>
- Chervan' A.M., Chernysh A.F. Erosional agricultural landscapes of Belarus: Combating soil erosion and spatial land use planning. *Eroziionnye i Ruslovye Protsessy*, 2020, no. 7, pp. 338–356. (In Russ.).
- Chervan' A., Chernysh A., Ustinova A. Geoinformation modeling in the soil protection organization of agro-landscapes of Belarus. *Visn. L'vovs'kogo Univ., Ser. Geogr.*, 2013, vol. 44, pp. 388–396. (In Ukr.).
- Chernysh A.F., Ustinova A.M., Chervan' A.M., Tsyrybka V.B., Kas'yanenka I.I. Soil degradation of agricultural lands in Belarus: types and quantitative assessment. *Pochvovedenie i Agrokhimiya*, 2016, vol. 57, no. 2, pp. 7–18. (In Russ.).
- Degradatsiya i okhrana pochv* [Soil Degradation and Protection]. Dobrovol'skii G.V., Ed. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2002. 654 p.
- Evdokimova N.V. Domestic and foreign experience in environmental regulation of the state of soils and the impact on them. In *Ekologicheskoe normirovanie i upravlenie kachestvom pochv i zemel'* [Environmental Regulation and Management of Soil and Land Quality]. Shoba S.A., Ya-

- kovlev A.S., Rybal'skii N.T., Eds. Moscow: NIA-Priroda Publ., 2013, pp. 230–240. (In Russ.).
- Kadastrrovaya otsenka sel'skokhozyaystvennykh zemel' sel'skokhozyaystvennykh organizatsii i krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv: metodika, tekhnologiya, praktika* [Cadastral Valuation of Agricultural Land of Agricultural Organizations and Peasant (Farmer) Households: Methodology, Technology, Practice]. Moroz G.M., Lapa V.V., Eds. Minsk: IVTs Minfina, 2017. 208 p.
- Complex of Measures to Increase Fertility and to Prevent Soil Degradation of Agricultural Lands in the Republic of Belarus for 2021–2025. Approved by Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus from 22.12.2020, no. 7. 148 p. (In Russ.).
- Metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu pochvozashchitnoi sistemy zemledeliya s konturno-meliorativnoi organizatsiei territorii v raznykh landshchafnykh zonakh Respubliki Belarus'* [Methodological Guidelines for Design of a Soil-Protective System of Agriculture with a Contour-Reclamation Organization of the Territory in Different Landscape Zones of the Republic of Belarus]. Chernysh A.F., Ed. Minsk, 1998. 43 p.
- Nauchnye osnovy reabilitatsii sel'skokhozyaystvennykh territorii, zagryaznennykh v rezul'tate krupnykh radiatsionnykh avariï* [Scientific Basis for the Rehabilitation of Agricultural Areas Contaminated as a Result of Major Radiation Accidents]. Tsybul'ko M.M., Ed. Minsk: Inst. Radiol., 2011. 438 p.
- Neytral'nyi balans degradatsii zemel'nykh resursov. Programma postanovki tselei. Tekhnicheskoe rukovodstvo* [Neutral balance of land degradation. Goal setting program. Technical guide]. UNCCD, Bonn (Germany), 2016. 77 p.
- Osushennyye torfyanye i degtorfyanye pochvy v sostave sel'skokhozyaystvennykh zemel' Respubliki Belarus'* [Drained Peat and Degraded Peat Soils in the Agricultural Lands of the Republic of Belarus: a Practical Guide]. Lapa V.V., Ed. Minsk: IVTs Minfina, 2018. 215 p.
- Pomelov A.S. Topical issues of structuring land degradation processes. *Zemlya Belarusi*, 2006, no. 2, pp. 10–15. (In Russ.).
- Pochvy Respubliki Belarus'* [Soils of the Republic of Belarus]. Lapa V.V., Ed. Minsk: IVTs Minfina, 2019. 632 p.
- Priroda Belarusi na rubezhe tysyacheletii* [The Nature of Belarus at the Turn of the Millennium]. Kovalenya A.A., Ed. Minsk: Belaruskaya Navuka Publ., 2020. 367 p.
- Rekomendatsii po effektivnomu ispol'zovaniyu zagryaznennykh radionuklidami erozionnoopasnykh zemel'* [Recommendations for the Effective Use of Erosion-Hazardous Lands Contaminated with Radionuclides]. Minsk: Inst. Pochvovedeniya i Agrokhemii, 2021. 32 p.
- Soil Threats in Europe: Status, Methods, Drivers and Effects on Ecosystem Services*. JRC Technical Reports, European Commission. Luxemburg, 2016. 207 p.
- Strategy for the Implementation of the UN Convention to Combat Desertification. National Action Plan to Prevent Land Degradation (Including Soils) for 2016–2020, Approved by the Decree of the Council of the Ministers of the Republic of Belarus from 29.04.2015, no. 361. Minsk, 2015. 56 p. (In Russ.).
- Strategy for Environmental Protection in the Republic of Belarus for the Period up to 2025, Approved by the Decision of the Collegium of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus of 28.01.2011, no. 8-P. Minsk, 2011. 19 p. (In Russ.).
- Yatsukhno V.M., Tishkovich O.V. Ecological and economic assessment of damage from water erosion of soils of agricultural lands of the administrative regions of Belarus. *Vestn. BGSKHA*, 2020, no. 3, pp. 212–216. (In Russ.).
- Yatsukhno V.M., Chernysh A.F. *Problema degradatsii zemel' Belarusi: obzornaya informatsiya* [Land Degradation Problem in Belarus: Overview]. Minsk: BelNITs "EKOLOGIYA", 2003. 33 p.