

СОВМЕЩЕННАЯ ОЦЕНКА НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ИХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА (НА ПРИМЕРЕ АГРОХОЗЯЙСТВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)*

**Макаров Олег Анатольевич¹, Строков Антон Сергеевич², Цветнов Евгений Владимирович³,
Чекин Михаил Романович⁴, Абдулханова Дина Рафиковна⁵, Кубарев Евгений Никитич⁶,
Марахова Нина Алексеевна⁷**

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12*

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации, 119571, Москва, проспект Вернадского, 82, стр. 1*

*Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова
141592, Московская область, Солнечногорский район, п/о Ударный, пос. Чашиково*

*Автономная некоммерческая организация Евразийский центр по продовольственной
безопасности (Аграрный центр МГУ имени М.В. Ломоносова)
Москва, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1*

¹ – д. б. н., профессор, зав. каф. эрозии и охраны почв, зав. лаб. почвенно-экологического мониторинга МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: oa_makarov@mail.ru

² – к. э. н., в. н. с. РАНХиГС при президенте Российской Федерации; e-mail: strokov-as@ranepa.ru

³ – к. б. н., вед. н. с. каф. радиозологии и экотоксикологии МГУ имени М.В. Ломоносова, с.н.с. Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ; e-mail: ecobox@mail.ru

⁴ – аспирант каф. эрозии и охраны почв МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: mihaill456@gmail.com

⁵ – м. н. с. каф. эрозии и охраны почв МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: dina_msu@mail.ru

⁶ – к. б. н., с. н. с. лаб. почвенно-экологического мониторинга МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: kubarevmsu@mail.ru

⁷ – аспирант каф. радиозологии и экотоксикологии МГУ имени М.В. Ломоносова; e-mail: zenafelekca@gmail.com

Проводилась оценка деградации земель двух агрохозяйств Кузнецкого муниципального района Пензенской области при помощи двух методологических приемов – определения показателя нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) для периода 2000–2010 гг. и расчета величины ущерба от деградации. Для оценки показателя НБДЗ были использованы стандартная (применение специализированного модуля «Trends.Earth») и адаптированная (измененная) методики. В адаптированной методике глобальный субиндикатор запасов почвенного органического углерода был заменен на субиндикатор содержания органического вещества, установленного по результатам пятого (окончание в 1999 г.) и шестого (окончание в 2009 г.) туров обследования областной агрохимической службой. Кроме того, использовали данные агрохимической службы Пензенской области по содержанию подвижных форм калия и фосфора (по Чирикову) и по кислотности почв за тот же период. Указанное добавление показателей изменения содержания органического вещества, подвижного калия, подвижного фосфора и кислотности в пахотных почвах агрохозяйств, установленных в результате агрохимического обследования, существенно повысило, по сравнению со стандартной методикой, долю деградированных земель – до 67,8 % для агрохозяйства «Евлашевское» и 59,4% для агрохозяйства «Трудовой путь». Расчеты величины ущерба от деградации земель агрохозяйств, проведенные в соответствии с «Методикой определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1995), выявили наибольший вклад в нее показателей уменьшения содержания гумуса, подвижного калия и изменения кислотности. Величина ущерба от уменьшения содержания подвижного калия в почвах несколько меньше. Совместное использование двух методологий изучения деградации земель дает более полное представление о масштабах (сопоставление с эталонными почвами при оценке величины ущерба) и скорости (изучение показателей деградации в динамике при определении показателя НБДЗ) проявления деградационных процессов, которое можно использовать для разработки систем устойчивого землепользования в агрохозяйствах Кузнецкого муниципального района Пензенской области.

Ключевые слова: деградация земель, Пензенская область, ущерб, показатель нейтрального баланса деградации, стандартная и адаптированная методики.

* Работа поддержана грантом РФФИ № 19-29-05021 мк.

**1. Статистические показатели (минимальное значение – максимальное значение / среднее)
по результатам агрохимического обследования территории, проводимого ФГБУ ГЦАС «Пензенский»,
2020 год обследования**

Агрохимические показатели	Метод измерения	«Трудовой путь» Статистические показатели (интервал/среднее)	«Евлашевское» Статистические показатели (интервал/среднее)
pH _{KCl}	Потенциометрический метод	3,9 – 7,3 / 4,9	4,02 – 6,5 / 5,04
Содержание гумуса, %	По Тюрину в модификации ЦИНАО	0,5 – 6,9 / 3,01	1,0 – 35 / 4,27
Содержание подвижного калия (K ₂ O), ppm	По Чирикову в модификации ЦИНАО)	25 – 380 / 118,2	57 – 748 / 139,7
Содержание подвижного фосфора (P ₂ O ₅), ppm	-»-	11,5 – 1106 / 101,9	5 – 765 / 85,3

Наблюдаемая в настоящее время интенсификация сельскохозяйственного производства в Российской Федерации зачастую сопровождается несоблюдением элементарных агротехнических приемов и правил (например, игнорирование севооборотов при выращивании зерновых культур) и, соответственно, – деградацией земельных ресурсов, особенно в регионах, почвы которых обладают высоким природным плодородием. При этом указанная деградация затрагивает не только природные, но и экономические и социально-экономические характеристики земель (недостаточные показатели урожайности и качества сельскохозяйственных культур, снижение уровня жизни селян, отток людей из сельской местности и т.д.). В этой связи, экономическая оценка произошедших потерь от различных процессов деградации сельскохозяйственных земель, определение стоимости и сценария их восстановления является важнейшей задачей, стоящей перед агроэкономикой России. Существующие концепции эколого-экономической оценки деградированных земель, в частности, оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель [1–3] и определение нейтрального баланса деградации земель – НБДЗ [4–6] – нечасто применяются совместно для выработки стратегии устойчивого развития сельских территорий.

В Российской Федерации экономическая оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель доминирует среди других разновидностей эколого-экономической оценки [3]. Разработаны шкалы деградации и загрязнения почв и земель, опирающиеся на представления об устойчивости экосистем к внешней нагрузке, о допустимых уровнях изменений качества окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов [7, 8].

Применение методологии НБДЗ является сравнительно новым для практики природопользования нашей страны. Нейтральный баланс деградации земель – это состояние территории, в соответствии с которым объем и качество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг и для повышения продо-

вольственной безопасности, остаются стабильными или увеличиваются в определенных временных и пространственных масштабах и экосистемах [9]. Концепция нейтральности реализуется через фиксацию следующего принципа – существующие на каждой данной территории формы землепользования должны создавать устойчивый (нейтральный) баланс между деградированными территориями, то есть территориями, ухудшившими свое состояние к моменту оценки и территориями, которые только потенциально могут ухудшить свое состояние. Другими словами, НБДЗ можно рассматривать как практический инструмент для обеспечения баланса процессов деградации земель и их восстановления, реабилитации, рекультивации на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях земель [6]. Реализация концепции НБДЗ направлено на решение достаточно широкого спектра задач, среди которых сохранение и увеличение земельного природного капитала; выявление последствий деградации земель, которые нужно предотвращать/уменьшать; улучшение производственного потенциала земли, которая уже находится в стадии деградации; повышение благосостояния населения и состояния окружающей среды. Важной особенностью концепции является её применимость для любых возможных типов деградации земель и различных видов землепользования, а также то, что она позволяет дать обобщенную, интегральную оценку динамики деградационных процессов в регионе исследований. Последнее соображение чрезвычайно важно, так как в исследуемой местности могут быть выявлены различные процессы деградации земель, которые порой сложно сопоставить по масштабам воздействия.

Целью проведенных исследований, результаты которых отражены в настоящей статье, явилась комплексная эколого-экономическая оценка деградации земель двух агрохозяйств, расположенных в Пензенской области, при помощи определения показателя НБДЗ и оценки ущерба/вреда от деградации.

2. Статистические показатели по результатам собственного обследования территории агрохозяйства, 2020 год обследования

Свойство	Метод измерения	Статистические показатели	Результат
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	Потенциометрический метод	минимальное значение	5,29
		максимальное значение	6,94
		среднее	6,26
		стандартное отклонение	0,30
		ошибка среднего	0,08
pH_{KCl}	—»—	минимальное значение	4,77
		максимальное значение	6,47
		среднее	5,73
		стандартное отклонение	0,33
		ошибка среднего	0,11
Содержание гумуса, %	По Никитину с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель	минимальное значение	1,62
		максимальное значение	8,10
		среднее	4,71
		стандартное отклонение	0,83
		ошибка среднего	0,11
Плотность, г/см^3	По Качинскому	минимальное значение	1,33
		максимальное значение	1,46
		среднее	1,37
		стандартное отклонение	0,03
		ошибка среднего	0,01
Содержание подвижного калия (K_2O), ppm	По Мачигину в модификации ЦИНАО	минимальное значение	87,00
		максимальное значение	1120,0
		среднее	370,64
		стандартное отклонение	49,34
		ошибка среднего	5,76
Содержание подвижного фосфора (P_2O_5), ppm	—»—	минимальное значение	38,2
		максимальное значение	265,0
		среднее	74,16
		стандартное отклонение	45,47
		ошибка среднего	6,46

Методика. Непосредственными объектами изучения в Пензенской области явились земли двух агрохозяйств Кузнецкого муниципального района Пензенской области – «Евлашевского» и «Трудового пути».

Территория агрохозяйства «Трудовой путь» расположена в 5 км к западу от г. Кузнецка. Площадь хозяйства – 3852 га, основными направлениями производства являются птицеводство, животноводство, выращивание зерновых культур. Основными возделываемыми культурами являются озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза.

Агрохозяйство «Евлашевское» находится в 12 км к востоку от г. Кузнецка, в верховьях р. Труев. Площадь хозяйства 11233 га. Предприятие специализируется на растениеводстве. В хозяйстве возделывают кукурузу, которая идет на силос и на

зерно, зерновые культуры, предназначенные для заготовки комбикормов, также выращивают подсолнечник на продажу.

Так как оба агрохозяйства находятся на небольшом расстоянии друг от друга, они имеют сходные природные характеристики. Рельеф местности, в основном, холмисто-равнинный. Лесостепные участки чередуются с открытыми степными, территория пересечена овражно-болотной сетью. Преобладающими почвами являются выщелоченные черноземы, светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы главным образом легкоглинистого и суглинистого гранулометрического состава. На территории агрохозяйств развиты процессы агроистощения, водной и овражной эрозии, переуплотнения почвы в результате сельскохозяйственной деятельности [10, 11].

3. Показатели эталонной почвы, модель высокого плодородия чернозёма выщелоченного [13]

pH_{KCl}	K_2O , ppm	P_2O_5 , ppm	Гумус, %
6,2	150	150	6

4. Расчет нейтрального баланса деградации пахотных земель агрохозяйства «Евлашевское» Кузнецкого района Пензенской области по базовой и адаптированной методикам за период 2000–2010 гг.

Территория	Площадь пахотных земель			
	м ²		% от общей площади пахотных земель агрохозяйства*	
	Базовая методика	Адаптированная методика	Базовая методика	Адаптированная методика
С отсутствием данных	0,0	8288911,0	0,0	7,7
С деградацией	5095693,0	73331972,3	4,7	67,8
В стабильном состоянии	20385179,1	0,0	18,9	0,0
С улучшением	82619092,3	26479081,1	76,4	24,5
Итоговый показатель НБДЗ	77523399,3	–46852891,2	71,7	–43,3

*Примечание: общая площадь выделенной категории земель «пашня» – 108099964,3 м² (100%)

В проведенных исследованиях определения показателя нейтрального баланса деградации земель были использованы стандартная и адаптированная (измененная) методики.

А. Стандартная методика. Платформа «Trends.Earth» позволяет осуществлять облачные вычисления для обработки массивных спутниковых изображений и переводить в доступную пользователю информацию, оценивая тенденции в землепользовании с помощью одного «зонтичного» индикатора (доля деградированных земель) и трех субиндикаторов (продуктивность земель, наземный растительный покров, запасы почвенного органического углерода (ПОУ) в слое 0–30 см). Все указанные показатели применяют с заданными параметрами, рекомендованными КБО ООН (за период с 2001 по 2010 гг.). Платформа «Trends.Earth» выводит полученную информацию в виде четырех карт (в растровом формате) с основными показателями и итоговых табличных данных, а также в целом по показателю цели устойчивого развития (ЦУР) 15.3.1 [12].

Б. Адаптированная (измененная) методика. Глобальный субиндикатор запасов ПОУ был заменён на субиндикатор содержания органиче-

ского вещества, установленного по результатам пятого (окончание в 1999 г.) и шестого (окончание в 2009 г.) туров обследования областной агрохимической службой. Кроме того, использовали данные агрохимической службы Пензенской области по содержанию подвижных форм калия и фосфора (по Чирикову) и по кислотности почв за тот же период. Таким образом, при расчете итогового показателя НБДЗ учитывали динамику развития основных деградационных процессов в почвах региона (эрозию почв оценивали опосредованно через анализ дегумификации и агроистощения).

Кроме того, обычно при проведении расчетов по стандартной методике используется так называемая «матрица перехода», установленная по умолчанию в модуле «Trends.Earth» для вычисления показателя динамики наземного покрова. Данная матрица интерпретирует переход из «сельскохозяйственных угодий» в «леса» (сюда относятся и зарастание пашни) как положительное явление, так как количество экосистемных услуг, и, соответственно, общий природный капитал территории при такой трансформации возрастает. В адаптированной (измененной) методике зарастание

5. Расчет нейтрального баланса деградации пахотных земель агрохозяйства «Трудовой путь» Кузнецкого района Пензенской области по базовой и адаптированной методикам за период 2000–2010 гг.

Территория	Площадь пахотных земель			
	м ²		% от общей площади пахотных земель агрохозяйства*	
	Базовая методика	Адаптированная методика	Базовая методика	Адаптированная методика
С отсутствием данных	229727,0	19612123,1	0,5	40,4
С деградацией	1170673,0	28794374,0	2,4	59,4
В стабильном состоянии	6261442,5	0,0	12,9	0,0
С улучшением	40830682,0	86027,5	84,2	0,2
Итоговый показатель НБДЗ	39660009	–28708346,5	81,8	–59,2

*Примечание: общая площадь выделенной категории земель «пашня» – 48492524,5 м² (100%)

6. Оценка ущерба от деградации земель агрохозяйства «Евлашевское» Кузнецкого района Пензенской области

Степень деградации	Площадь земель, соответствующая определенному виду деградации земель, га			
	Уменьшение содержания гумуса	Уменьшение содержания подвижного фосфора (P_2O_5)	Уменьшение содержания подвижного калия (K_2O)	Изменение pH_{KCl}
0	2859	1649	5010	588
1	530	352	1797	416
2	3688	2370	2834	5673
3	3393	5097	1424	3906
4	803	1805	208	690
Ущерб, руб.	599 991 430,80	782 553 544,80	343 606 179,60	739 224 177,00
Суммарный ущерб, руб	2 465 378 838,20			
Суммарный удельный ущерб, руб/га	69 166,91			

сельскохозяйственных земель рассматривается как негативный процесс.

Расчеты величины ущерба от деградации земель агрохозяйств Кузнецкого района Пензенской области проводились в соответствии с «Методикой определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1994) по формуле (1):

$$Ущ = H_c \times S \times K_z \times K_c \times K_p + D_x \times S \times K_v, \quad (1)$$

где:

H_c – нормативная стоимость участка, руб./га (определялась по величине кадастровой стоимости в соответствии с постановлением Правительства Пензенской области от 07.09.2012 №645пП «Об утверждении результатов государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения в Пензенской области»);

D_x – годовой доход с единицы площади, руб./га (рассчитывался как среднее арифметическое дохода агрохозяйства «Трудовой путь» с 1 га за период с 2016–2020 гг. по материалам, предоставленным агрохозяйством);

S – площадь деградированных почв и земель (га);

K_z – коэффициент экологической ситуации территории;

K_v – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению деградированных почв и земель;

K_c – коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель;

K_p – коэффициент для особо охраняемых территорий.

Использовались следующие показатели деградации земель: уменьшение содержания подвижного калия, уменьшение содержания подвижного фосфора, уменьшение содержания гумуса, изменение показателя кислотности почв (источником информации послужили данные годы и результаты собственных исследований в 2020 г.) – табл.1, 2.

Для расчета степени деградации земель по указанным выше показателям по 5-балльной шкале применялись результаты группировок почв в агрохимической службы Пензенской области (ФГБУ ГЦАС «Пензенский») за 2000–2010 гг., в соответствии с их кислотностью, а также обеспеченностью основными макроэлементами питания растений и гумусом. Кроме того, использовались эталонные значения этих показателей состояния почв из монографии «Оценка почв» (2003) – табл. 3 [13].

Результаты и обсуждение.

Стандартная методика НБДЗ.

Использование модуля «Trends.Earth» с базовыми настройками применительно к двум агрохозяйствам Пензенской области позволило рассчитать нейтральный баланс деградации земель для исследуемых территорий в период 2000–2010 гг. (табл. 4, 5). Рассматривались только пахотные угодья, за показатель НБДЗ принималась разница между улучшенными и деградированными землями. По этой методике его величина составляет 71,7 % от общей площади пашни агрохозяйства «Евлашевское» и 81,8% – агрохозяйства «Трудовой путь» (табл. 4, 5). Ведущую роль здесь сыграл показатель продуктивности, базирующийся на показателе NDVI: так, улучшение состояния по данному показателю для агрохозяйства «Евлашевское» составило 76,6% от общей площади земель, а для агрохозяйства «Трудовой путь» – 84,5%. Показатель почвенного углерода оказался малозначимым, что, вероятно, связано с недостаточным качеством глобальных данных, встроенных в платформу «Trends.Earth» (расчет динамики почвенного углерода здесь ведется не по фактическому содержанию гумуса в почвах агрохозяйств, а на основании усредненных данных для отдельных типов почв наземного покрова).

7. Оценка ущерба от деградации земель агрохозяйства «Трудовой Путь» Кузнецкого района Пензенской области

Степень деградации	Площадь земель, соответствующая определенному виду деградации земель, га			
	Уменьшение содержания гумуса	Уменьшение содержания подвижного фосфора (P ₂ O ₅)	Уменьшение содержания обменного калия (K ₂ O)	Изменение pH
0	151	529	703	331
1	173	62	531	308
2	965	386	886	679
3	1341	1571	783	673
4	397	479	124	1036
Ущерб, руб.	378 865323,00	352 525404,00	272 839932,00	367 450605,00
Суммарный ущерб, руб	1 371 681 264,00			
Суммарный удельный ущерб, руб/га	131 638,06			

Адаптированная методика НБДЗ.

Расчеты, проведенные по адаптированной (измененной) методике, показали резкое увеличение площади пахотных земель с деградацией – до 67,8% от общей площади пашни агрохозяйства «Евлашевское» и 59,4% от общей площади пашни агрохозяйства «Трудовой путь» (табл. 4, 5). Величина показателя НБДЗ становится отрицательной и составляет «–43,3%» для агрохозяйства «Евлашевское» и «–59,2%» для агрохозяйства «Трудовой путь». Основной вклад в резкое увеличение доли деградированных земель вносят агрохимические показатели: за оцениваемый период времени произошло заметное падение содержания в почвах обоих агрохозяйств подвижного фосфора, подвижного калия, гумуса и подкисление почв.

Следует отметить, что любое ухудшение анализируемых агрохимических показателей при использовании адаптированной методики диагностировалось как деградация земель, даже если их итоговые величины не выходили за пределы оптимума.

Оценка ущерба от деградации почв и земель.

Почвы обоих агрохозяйств Кузнецкого района Пензенской области подвержены различным процессам деградации, среди которых наибольший ущерб отмечается для показателей уменьшения содержания гумуса, подвижного калия и изменения кислотности (табл. 6, 7). Величина ущерба от уменьшения содержания подвижного калия несколько меньше (табл. 6, 7). Обращает на себя внимание тот факт, что для территорий обоих агрохозяйств установлены ареалы, имеющие все степени деградации (от 0-й до 4-й) по каждому из показателей, и не всегда ареалы с 4-й (очень высокой) деградации почв и земель имеют минимальные площади по сравнению с ареалами, почвы и земли которых деградированы в более слабой степени.

Сопоставление результатов анализа НБДЗ (адаптированная методика) и оценки от деградации почв и земель.

Результаты сопоставления различных эколого-экономических подходов к оценке деградации

8. Вклад различных показателей агроистощения почв в величину деградации при расчете НБДЗ (адаптированная методика) и в суммарную величину ущерба от деградации земель агрохозяйств «Евлашевское» и «Трудовой Путь» Кузнецкого района Пензенской области

Показатель агроистощения почв	Агрохозяйство «Евлашевское»		Агрохозяйство «Трудовой Путь»	
	Деградация по методике НБДЗ, % от общей площади пахотных земель агрохозяйства	Вклад в суммарную величину ущерба, %	Деградация по методике НБДЗ, % от общей площади пахотных земель агрохозяйства	Вклад в суммарную величину ущерба, %
Уменьшение содержания гумуса	27,6	24,34	5,5	27,62
Уменьшение содержание подвижного фосфора (P ₂ O ₅)	31,6	31,74	57,5	25,70
Уменьшение содержания обменного калия (K ₂ O)	36,3	13,93	19,0	19,89
Изменение pH	25,1	29,99	25,7	26,79

почв и земель представлены в табл. 8. Полученные различия в оценках в определенной мере свидетельствуют о разных принципах определения деградации: в методологии НБДЗ (адаптированный вариант методики) деградация измеряется путем сопоставления показателей почв и земель в начале и в конце оцениваемого периода, а при расчете ущерба степень деградации определяется при помощи сопоставления показателей изучаемых почв с эталонными значениями. Тем не менее, обращают на себя внимание резкие различия в оценке деградации почв и земель по показателю изменения кислотности для агрохозяйства «Евлашевское» и показателю уменьшения содержания гумуса для агрохозяйства «Трудовой Путь» для использованных методов.

В то же время, совершенно очевидно, что совместное использование двух методологий изучения деградации земель (адаптированный вариант НБДЗ и оценка ущерба) дают более полное представление о масштабах (сопоставление с эталонными почвами) и скорости (изучение показателей деградации в динамике) проявления деградационных процессов, которое можно использовать для разработки систем устойчивого землепользования в конкретных агрохозяйствах.

Заключение

1. На основании базовых установок, заложенных в платформу «Trends.Earth» и рекомендуемых КБО ООН для расчета нейтрального баланса деградации земель, доля деградированных земель в агрохозяйствах «Евлашевское» и «Трудовой Путь» Кузнецкого района Пензенской области в 2001–2010 гг. составила соответственно 4,7% и 2,4%. Показатели НБДЗ имели следующие значения: 71,7% (агрохозяйство «Евлашевское»), 81,8% (агрохозяйство «Трудовой Путь»).

2. Добавление показателей изменения содержания органического вещества, подвижного калия, подвижного фосфора и кислотности в пахотных почвах агрохозяйств, установленных в результате агрохимического обследования, существенно повысило, по сравнению со стандартной методикой, долю деградированных земель – до 67,8 % для агрохозяйства «Евлашевское» и 59,4% для агрохозяйства «Трудовой путь».

3. Для территорий обоих агрохозяйств установлены ареалы, имеющие все степени деградации почв и земель (от 0-й до 4-й) по каждому из показателей (уменьшение содержания гумуса, подвижного фосфора, подвижного калия, изменение pH). Наибольший ущерб рассчитан для показателей уменьшения содержания гумуса, подвижного калия и изменения кислотности.

4. Совместное использование двух методологий изучения деградации земель (адаптированный вариант НБДЗ и оценка ущерба) дают более полное представление о масштабах (сопоставление с эталонными почвами) и скорости (изучение показателей деградации в динамике) проявления деградационных процессов, которое можно использовать для разработки систем устойчивого землепользования в конкретных агрохозяйствах.

Литература:

1. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель [утв. приказом Роскомзема и Минприроды России от 17.07.1994 г.]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9014048>. Дата обращения: 31.07.2021
2. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сборник нормативных актов «Охрана почв». – М.: Изд. РЭФИА, 1996. – С. 174–196.
3. Эколого-экономическая оценка деградации земель: Монография: [под ред. Яковлева А.С., Макарова О.А., Киселева С.В., Молчанова Э.Н.] – М.: МАКС Пресс, 2016. – 256 с.
4. Bai, Z., Caspari, T., van Lynden, G., Mantel, S., & Wolters, S. Measures for preventing, mitigating and remediating soil threats in Europe. A literature review. – 2015.
5. Chasek P., Safriel U., Shikongo S., Fuhrman V. F. Operationalizing zero net land degradation: The next stage in international efforts to combat desertification? // Journal of Arid Environments. – 2015. – V. 112. – P. 5–13.
6. Kust G., Andreeva O., Cowie A. Land Degradation Neutrality: Concept development, practical applications and assessment // Journal of environmental management. – 2017. – V. 195. – P. 16–24.
7. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Письмо Минприроды России от 09.03.1995 № 25/8-34 // URL: <https://base.garant.ru/2108945/>. Дата обращения: 31.07.2021
8. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством // Почвоведение. – 2011. – №. 5. – С. 582–596.
9. Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А. Нейтральный баланс деградации земель—новейший подход для принятия решений в области землепользования и земельной политики // Проблемы постсоветского пространства. – 2018. – Т. 5. – №. 4. – С. 369–389.
10. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Пензенской области в 2019 году» – Пенза, 2020. – 129 с.
11. Кузина Е.Е., Кузин Е.Н. Почвоведение: учебное пособие – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 209 с.
12. Trends.Earth [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://trends.earth/docs/en/> (дата обращения 20.07.2021).
13. Савич В.И., Амергузин, Х.А., Карманов И.И. Оценка почв // Астана. – 2003. – Т. 3003. – 544 с.

Makarov O.A., Stokov A.S., Tsvetnov E.V., Chekin M.R., Abdulkhanova D.R.,
Kubarev E.N., Marakhova N.A.

**COMBINED ASSESSMENT OF THE NEUTRAL BALANCE OF LAND DEGRADATION
AND THEIR ECOLOGICAL AND ECONOMIC DAMAGE
(ON THE EXAMPLE OF AGRICULTURAL FARMS IN THE PENZA REGION)**

An assessment of land degradation of two agricultural enterprises of the Kuznetsk municipal district of the Penza region was carried out using two methodological techniques - the determination of the neutral balance of land degradation (NDB) indicator for the period 2000-2010. and calculating the amount of damage from degradation. To assess the NBDZ indicator, we used the standard (application of the specialized module "Trends.Earth") and adapted (modified) methods. In the adapted methodology, the global sub-indicator of soil organic carbon stocks was replaced by the sub-indicator of organic matter content, established based on the results of the fifth (finished in 1999) and sixth (finished in 2009) rounds of the survey by the regional agrochemical service. In addition, we used the data of the agrochemical service of the Penza region on the content of mobile forms of potassium and phosphorus (according to Chirikov) and on soil acidity for the same period. The specified addition of indicators of changes in the content of organic matter, exchangeable potassium, mobile phosphorus and acidity in arable soils of agricultural enterprises, established as a result of an agrochemical survey, significantly increased, in comparison with the standard method, the share of degraded lands - up to 67.8% for the agricultural enterprise "Evlashevskoe" and 59.4% for the agricultural enterprise "Trudovy Put". Calculations of the amount of damage from land degradation of agricultural enterprises, carried out in accordance with the Methodology for Determining the Amount of Damage from Degradation of Soils and Lands (1995), revealed the greatest contribution to it by indicators of a decrease in the content of humus, exchangeable potassium and changes in acidity. The amount of damage from a decrease in the content of exchangeable potassium in soils is somewhat less. The combined use of two methodologies for the study of land degradation gives a more complete picture of the scale (comparison with reference soils when assessing the magnitude of damage) and rate (study of degradation indicators in dynamics when determining the NLBD indicator) of manifestation of degradation processes, which can be used to develop systems of sustainable land use in agricultural enterprises. Kuznetsk municipal district of the Penza region.

Keywords: land degradation, Penza region, damage, degradation neutral balance indicator, standard and adapted methods.