

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ ДОСТИЖЕНИЯ
НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ**

© 2022 г. Г.С. Куст*, М.Х. Дуриков**, В.А. Лобковский*, О.В. Андреева*, М.Д. Непесов**,
Б.К. Мамедов**, Н.В. Николаев***

**Институт географии РАН*

Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29. E-mail: kust@igras.ru

***Научно-информационный центр Межгосударственной комиссии
по устойчивому развитию Международного фонда спасения Арала*

Туркменистан, 744000, г. Ашхабад, ул. Битаран Туркменистан, д. 15. E-mail: durikovmh@gmail.com

****Центр технологий Академии наук Туркменистана*

Туркменистан, 744000, г. Ашхабад, ул. Бекрава, д. 180. E-mail: nnico@mail.ru

Поступила в редакцию 12.05.2022. После доработки 01.07.2022. Принята к публикации 01.07.2022.

Определение национальных целей достижения нейтрального баланса деградации земель и создание систем индикаторов для мониторинга – важная стратегическая задача в области борьбы с опустыниванием и профилактики деградации земель в Туркменистане, обусловленная выполнением задачи 15.3 «Целей устойчивого развития ООН» на период до 2030 года. В работе анализируется возможность интеграции глобальных показателей нейтрального баланса в разрабатываемую в настоящее время Национальную систему мониторинга земной поверхности Туркменистана, приводятся статистические и геоинформационные данные для всей территории страны. Установлено, что, несмотря на новые важные данные, получаемые с использованием глобальных подходов, в настоящее время достоверный мониторинг нейтрального баланса по национальным данным в полной мере не осуществим в связи с тем, что глобальные индикаторы недостаточно подтверждаются имеющимися национальными данными и не соответствует глобальным прокси-индикаторам динамики наземного покрова, продуктивности и запасов органического углерода в почвах. В статье предложен рабочий список национальных индикаторов-аналогов и пути их валидации, а также варианты использования перечней типов землепользования для составления матрицы отрицательных и положительных переходов при изменениях наземного покрова. Рекомендовано в качестве «базовой линии» для мониторинга деградации земель использовать картографические и фондовые данные, собранные и обработанные в конце 80-х – 90-х гг. XX века, а также материалы по оценке состояния особо охраняемых природных территорий. Предложены дополнительные и альтернативные индикаторы нейтрального баланса деградации земель, имеющие особое значение для Туркменистана: засоление почв и земель, дефляция почв, засушливость климата, пыльные бури.

Ключевые слова: нейтральный баланс деградации земель, Туркменистан, деградация земель, индикаторы, мониторинг

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-115-131

EDN: LVMDUZ

Необходимость борьбы с деградацией земель и опустыниванием закреплена в «Целях устойчивого развития ООН» (ЦУР; Повестка ..., 2015). Выполнение задачи 15.3 ЦУР, направленной на поддержание и восстановление потенциала земельных ресурсов, рассматривается в контексте недопущения их дальнейшей деградации по сравнению с базовой линией – современной ситуацией для анализа дальнейших изменений. Для стран Центральной Азии одним из приоритетных направлений по выполнению задачи 15.3 является установление национальных целей и создание систем мониторинга индикаторов нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ).

Журнал «Аридные экосистемы» ранее уже обращался к теме НБДЗ (Kust et al., 2020;

Andreeva et al., 2021). Отмечалось, что статистической комиссией ООН утверждён глобальный индикатор достижения задачи 15.3 (Tier Classification ..., 2019), связанной с достижением НБДЗ, – доля деградированных земель от общей площади суши. Для обеспечения сопоставимости данных по странам на глобальном уровне его расчет производится по трем суб-индикаторам (динамика наземного покрова, продуктивности земель и запасов почвенного органического углерода). Для этого на базе геоинформационной платформы Quantum GIS (QGIS) разработан специальный расчетный модуль Trend.Earth (2018), рекомендованный для использования в целях национального и глобального мониторинга и отчетности по выполнению Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН).

Как показывает опыт использования Trend.Earth для России и других стран (Solomun et al., 2018; Andreeva, Kust, 2020; Andreeva et al., 2022), результаты расчетов НБДЗ корректны только для уровня крупных регионов, отдельных стран и областей. При оценке на местном уровне для получения достоверной картины рекомендуется замена, корректировка и дополнение субиндикаторов национальными или локальными показателями, учитывающими физико-географические, социально-экономические и институциональные особенности конкретных стран.

Применительно к Туркменистану такие показатели должны учитывать физико-географические и климатические особенности территории (сочетание равнин и нагорий с высокими климатораздельными хребтами, аридный климат), структуру землепользования и другие факторы. Кроме того, сложившиеся национальные системы оценки земель являются серьезным вызовом для сопоставимого сравнения глобальных и национальных данных и их дальнейшей интеграции. Так, например, в Туркменистане есть значительный объем ретроспективных и современных данных (рис. 1), а также проводятся мероприятия по мониторингу показателей опустынивания, засух, деградации пастбищ и орошаемых земель (в том числе в рамках «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием» (1996)), однако комплексная система анализа получаемых данных к настоящему времени не создана.

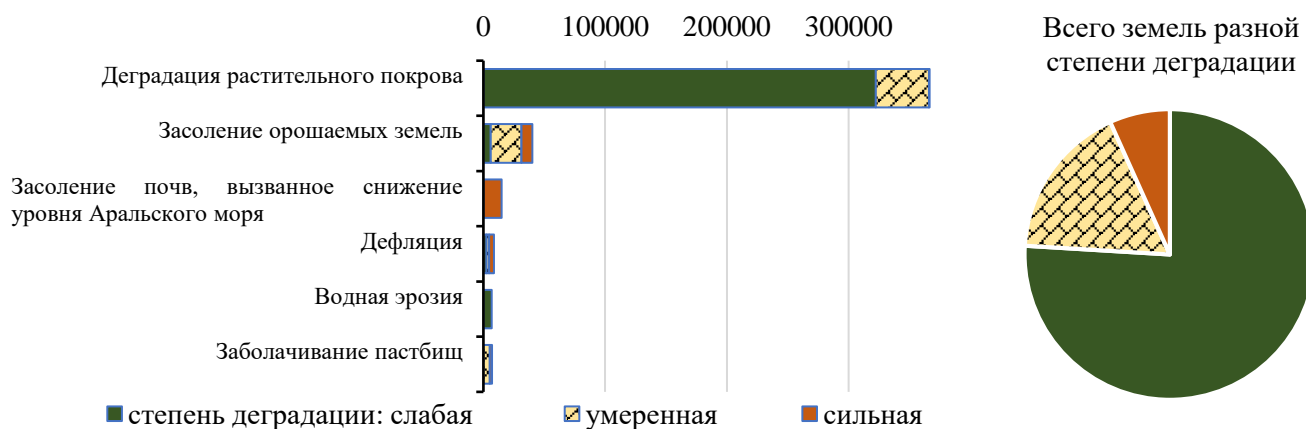


Рис. 1. Распределение площадей деградированных земель в Туркменистане, в км² (Отчет Республики Туркменистан ..., 2018).

Разработке единой информационной базы по комплексному мониторингу деградации земель и ее интеграции в международные системы препятствует отсутствие утвержденного перечня национальных индикаторов, их разрозненность и ведомственный характер, слабая согласованность с действующими в стране системами земельного учета и мониторинга окружающей среды, а также отсутствие механизмов межведомственного использования и анализа получаемой информации.

Методы исследования

Согласно рекомендациям КБО ООН (Verburg et al., 2019), в числе важнейших научных аспектов формирования условий для достижения НБДЗ мы рассматривали:

– *национальное законодательство*: важно, чтобы в нем нашли отражение научно обоснованные определения основных терминов, используемых КБО ООН для оценки НБДЗ;

- *национальные индикаторы*: требуется гармонизация, а при необходимости – корректировка национальных индикаторов для приведения их в соответствие с системой индикаторов НБДЗ;
- *национальные данные*: необходимо иметь наборы долговременных данных по национальным показателям, покрывающие территорию страны и раскрывающие основные индикаторы НБДЗ;
- *базовая линия*: важно определить оптимальный для страны временной интервал (предлагаемый КБО ООН период 2000-2015 гг., или обосновать другой наиболее подходящий интервал (или серию интервалов) для разных типов наземного покрова для сравнительного мониторинга основных показателей).

Разработка подходов к выявлению возможных национальных индикаторов НБДЗ для Туркменистана проводилась последовательно с решением следующих задач: анализ состояния земель на основании глобальных данных для диагностики НБДЗ; анализ и подбор национальных показателей на основе нормативных документов – разработка предложений по отбору индикаторов и разработке способов оценки НБДЗ с учетом имеющихся национальных данных.

Результаты и обсуждение

Анализ состояния земель Туркменистана на основании глобальных данных. Согласно национальным данным (Отчет Республики Туркменистан ..., 2018), доля деградированных земель за 2000-2015 гг. составляет 22.15%, что близко соответствует расчетам, полученным для того же периода с помощью Trend.Earth (21.4%). Поскольку Trend.Earth позволяет проводить мониторинг этого индикатора, то нами были получены уточненные данные, картографически представленные на рисунке 2. Согласно расчетам, для обновленного периода 2001-2020 гг. общая доля деградированных земель уменьшилась до 8.33%, что, на первый взгляд, может показаться неожиданным. Однако при более детальном изучении данного метода удалось установить, что эти различия связаны с выбором базовой линии для проведения сравнения. При использовании глобальных подходов «по умолчанию», при расчете динамики продуктивности проводится сравнение последнего трехлетнего периода (2013-2015 гг) со средними значениями за предыдущие 12 лет (2001-2012 гг.), а также учитываются изменения в наземном покрове и тренды запасов органического углерода. Поскольку последние два показателя на территории Туркменистана изменяются в этот период крайне незначительно (о чем свидетельствуют расчеты с помощью Trend.Earth), то можно считать, что основной вклад в динамику НБДЗ вносит изменение только одного показателя – продуктивности земель. Однако и этот показатель тоже не всегда дает достоверную картину, поскольку, например, в число «недеградированных» земель за фиксированный период времени (например, последние 15-20 лет) могут попадать земли, истощенные и испорченные в более ранние годы.

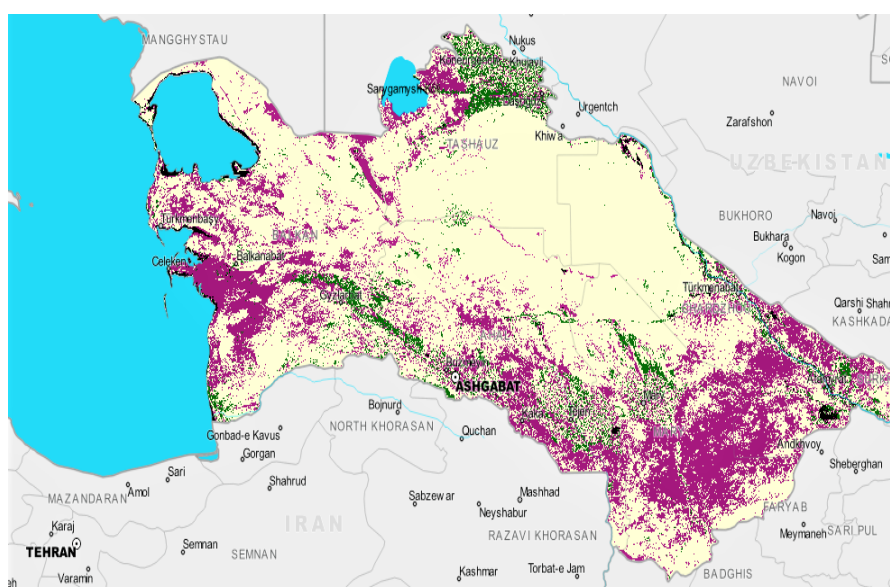


Рис. 2. Оценка показателя ЦУР 15.3.1 для Туркменистана по глобальным данным за 2001-2020 гг.

Продемонстрировать динамику продуктивности земель для территории Туркменистана можно на диаграмме, полученной также с использованием данных Trend.Earth, но составленной с использованием метода скользящего среднего для пятилетних периодов, начиная с 2001-2005 и заканчивая 2016-2020 гг. (рис. 3). В качестве среднего для сравнения, для нивелирования различий, принимался весь период 2001-2020 гг.. Очевидно, что на диаграмме наблюдается не абсолютная, а относительная динамика продуктивности, однако по представленным данным легко проследить, что этот индикатор НБДЗ весьма изменчив, а, следовательно, к выбору базовой линии для его оценки следует подходить обоснованно и осторожно.



Рис. 3. Динамика продуктивности на территории Туркменистана в 2001-2020 гг .

Анализ и подбор национальных показателей НБДЗ на основе нормативных документов. Как отмечалось выше, предлагаемый модуль для расчета НБДЗ для условий Туркменистана корректно работает только в отношении индикатора динамики продуктивности. Для динамики наземного покрова и запасов органического углерода для страны в целом не выявлено значимых трендов. В «Отчете Республики Туркменистан» (2018) также отмечалось, что оценка деградации земель по глобальным данным не дает достаточно достоверной картины из-за несоответствия используемых классов наземного покрова национальным статистическим данным. Эти результаты подтверждаются и ранее полученными данными для России (Andreeva, Kust, 2020; Беляева и др., 2020): если на региональном уровне ошибки при распознавании переходов классов наземного покрова составляют не более 10-20%, то при переходе на локальный ошибки значительно искажают действительную картину. Информация о запасах углерода глобальной базы данных о почвах SoilGrid (разрешение 250 м) для верхних 30 см почвы, используемая в Trends.Earth, также отличается неточностью.

Таким образом, для раскрытия глобальных показателей в Туркменистане важны национальные индикаторы, поиск соответствия которых методологии оценки НБДЗ (Orr et al., 2017) и стал главной задачей данного исследования. Ее решение осуществлялось по двум направлениям: а) анализ законодательной и институциональной базы для выявления перечня потенциальных показателей, связанных с деградацией земель; б) анализ системы государственной статистики для выявления показателей состояния земель, по которым ведутся регулярные или периодические наблюдения.

Анализ законодательной и институциональной базы. В Туркменистане объективным сдерживающим фактором является отсутствие законодательно закрепленного определения

«деградации земель», что препятствует внедрению в правовые документы связанных с ним понятий. В Меджелисе страны в настоящее время находится на рассмотрении наше предложение по внедрению в национальное правовое поле определения, принятого в тексте КБО ООН. Кроме того, предлагается закрепить в кодексе «О земле» (2004) и основную концепцию НБДЗ: «Мероприятия по улучшению состояния деградированных земель осуществляются с учетом международно-признанного подхода, при котором объём и качество земельных ресурсов, необходимые для поддержания их жизненно важных экосистемных функций и услуг, а также для обеспечения продовольственной безопасности, остаются стабильными или повышаются в заданных временных и пространственных масштабах в агропромышленных экосистемах (ландшафтах)».

Анализ обновленной законодательной и нормативной правовой базы Туркменистана, включающей «Национальную стратегию об изменении климата» (2020), учреждение Правительственной комиссии по координации «Национальной системы мониторинга земной поверхности» (2021), принятие второй «Национальной лесной программы Туркменистана на 2021-2025 годы» и «Плана мероприятий по её реализации» (2021), «Национальную программу по Аралу» (2021), принятие «Закона об экологической информации» (2020), позволил установить, что соответствующими законами Туркменистана в настоящее время декларируется необходимость создания информационных систем, содержащих:

- сведения по показателям количественных и качественных характеристик земельных участков содержатся в системе мониторинга земель (Кодекс Туркменистана «О земле», 2004) и единой *государственной геоинформационной системе документированных сведений* (Закон Туркменистана «Об экологической информации», 2020);

- сведения по показателям качественного состояния пастбищ собираются в системе *государственного мониторинга пастбищ* (Закон Туркменистана «О пастбищах», 2015);

- показатели мониторинга окружающей среды в части качественного состояния земель агрегируются в системе *государственного мониторинга окружающей среды* (Закон Туркменистана «Об охране природы», 2014);

- показатели мониторинга окружающей среды в части качественного состояния земель выделены в систему *государственного земельного кадастра* (Закон Туркменистана «Об экологической информации», 2020);

- показатели количественного и качественного состояния лесного фонда должны составить систему *государственного лесного кадастра* (Закон Туркменистана «Об утверждении и введении в действие Лесного кодекса Туркменистана», 2011).

Однако в настоящее время эти заявленные системы практически не содержат перечней тематических показателей, поскольку большинство указанных информационных систем находятся только на стадии разработки. Их наполнение возможно только данными, получаемыми при ежегодном мониторинге показателей по формам статистического учета, которые пока не утверждены. При разработке этих форм, учитывая ведомственную разобщенность, важно, с одной стороны, исключить дублирование, а с другой – обеспечить взаимную проверку и координацию выбранных показателей на принципах взаимозаменяемости и взаимодополняемости.

Анализ системы государственной статистики и архивов национальных данных. Порядок регулярного мониторинга статистических показателей регулируется Законом Туркменистана «О статистике» (2012). В систему государственного мониторинга включены формы государственной статистической отчетности Туркменистана по тематическому принципу (Форма №1-лх – для лесов, Форма 22 – по распределению земель по категориям и угодьям сельскохозяйственных земель, Форма №1-заповедник – по землям особо охраняемых природных территорий), содержащие соответствующие показатели. Анализ этих форм показывает, что в целом в национальной системе статистического учёта в настоящее время отсутствуют показатели, ежегодный мониторинг которых полностью соответствовал бы индикаторам КБО ООН и индикатору ЦУР 15.3.1. В основном из числа показателей, по которым Туркменстатом осуществляется регулярный мониторинг, доступны показатели по распределению и использованию земель сельскохозяйственного назначения, что ограничивает мониторинг на общенациональном уровне для других категорий земель.

Тем не менее, в Туркменистане существует большой массив данных, которые могут быть при определенной интерпретации использованы для оценки НБДЗ. К их числу можно отнести:

- показатели, оцениваемые на нерегулярной основе – используемые для оценки различного рода стратегий и программ (Национальная Стратегия Туркменистана об изменении климата, Программа Президента Туркменистана по развитию сельского хозяйства на 2019-2025 гг.) и др.;
- нормативно-методические документы в области оценки качественного состояния земель относящиеся к территории Туркменистана, в том числе ретроспективные.
- результаты научных исследований, проведенных в стране за последние 50-60 лет.

Примером наиболее значимых показателей первой группы могут служить критерии выполнения Национальной Лесной программы, поскольку они показали свою эффективность в предыдущие периоды. Так, в результате работ по программе «Зелёный пояс» в период 1998-2004 годы было улучшено около 42 тыс. га земель; в период с 2005 по 2019 годы, в том числе за счет реализации первой «Лесной программы», – более 58 тыс. га; по второй «Лесной программе» на период до 2025 года запланировано улучшить около 35 тыс. га земель.

Другой пример содержится в Программе социально-экономического развития на 2019-2025 годы, которая предусматривает проведение работ по улучшению мелиоративного состояния земель на площади 289.14 тыс. га и комплексной их реконструкции на площади 4.9 тыс. га. Продолжается работы по строительству Туркменского озера, что будет способствовать понижению уровня грунтовых вод и повышению плодородия орошаемых земель, отводу коллекторно-дренажного стока во впадину Карашор и прекращению заболачивания пастбищных земель в результате бессистемного их сброса в Каракумы, улучшению качества воды Амударьи. Капитальные вложения будут направлены также на водоснабжение пастбищ на площади 3110 тыс. га, что позволит снизить уровень деградации вокруг существующих колодцев. Будет освоено 5150 га целинных земель, дополнительный объем водохранилищ планируется довести до 151.8 млн. м³.

Примерный перечень основных доступных показателей для оценки деградации и прогноза состояния земель, полученный на основе анализа всего массива показателей и индикаторов, имеющихся на национальном уровне, представлен в таблице 1.

Возможности анализа НБДЗ по приведенному перечню возможных национальных показателей ограничиваются двумя основными причинами. Во-первых, в этом списке отсутствуют показатели, которые можно напрямую использовать для расчета НБДЗ по глобальной методологии, за исключением динамики наземного покрова, для которого не определены способы мониторинга, расчета и формы учета. Во-вторых, для некоторых национальных показателей, которые потенциально могли бы быть приняты за индикаторы-аналоги НБДЗ, отсутствуют временные ряды наблюдений, а также полный охват территории страны.

Таким образом, расчет НБДЗ по неполным национальным данным на текущий момент не осуществим. В то же время представленный список может служить инструментом для выбора национальных индикаторов-аналогов для оценки НБДЗ в рамках формирующихся систем мониторинга. Ниже рассмотрим наиболее подходящие для этих целей возможности.

Предложения по отбору индикаторов-аналогов и разработке способов оценки НБДЗ

Глобальный индикатор ЦУР 15.3.1 «Доля деградировавших земель, от всей площади суши». Из приведенных в таблице 1 показателей, для данного индикатора наиболее перспективным представляется использование национального индикатора-аналога «Степень деградации земель, %». Однако для этого необходимо оценить его информационную обеспеченность (наличие данных и глубину мониторинга показателя), а также соответствие методологии его расчета концепции НБДЗ.

Другим вариантом оценки глобального индикатора видится обновление данных «Оценки современного состояния опустынивания на территории Туркменистана», проведенной Институтом пустынь в 1998 г. (Доклад ..., 2000) по показателям «Площадь эродированных земель (ветровая и водная эрозия)», «Площадь, подверженная техногенному опустыниванию», «Площадь заболоченных пастбищ», «Площадь засоления орошаемых земель». Сравнение современных данных с данными 1998 г. позволит оценить улучшение/ухудшение значения показателя за рассматриваемый период. В перспективе, обновление данных на базе космических снимков, наблюдений на станциях и стационарах, тематических карт и статистических материалов позволит использовать эти показатели в качестве индикаторов-аналогов при оценке НБДЗ. Остальные показатели можно использовать для корректировки расчетных данных на местном уровне.

Таблица 1. Перечень потенциальных показателей для оценки деградации и прогноза состояния земель (на основе анализа системы национальных индикаторов).

Показатель	Категория земель	Возможный источник информации
1. Глобальный индикатор ЦУР 15.3.1 «Доля деградировавших земель, от всей площади суши», прямой учет данных		
Степень деградации земель, %	Земли всех категорий	Показатель есть в перечне систем Туркменстата (Система социально-экономических показателей и метаданные), но не указывается на способы мониторинга и формы учета
Нарушение земель в связи с несельскохозяйственной деятельностью, га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Статистический ежегодник Туркменистана)
Площадь нарушенных земель	В целом для всех категорий	Туркменстат (Форма №1 – рекультивация)
Площадь рекультивированных земель (всего), га	Земли сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, водного фонда и другие	
Площадь улучшенных малопродуктивных угодий со снятым плодородным слоем, га	Земли сельскохозяйственного назначения	
Площадь эродированных земель (ветровая и водная эрозия)	Земли всех категорий	Оценка современного состояния опустынивания на территории Туркменистана (Доклад ..., 2000)
Площадь, подверженная техногенному опустыниванию	Земли всех категорий	
Площадь заболоченных пастбищ	Земли сельскохозяйственного назначения	
Площадь засоления орошаемых земель	Земли сельскохозяйственного назначения	
2. Индикатор НБДЗ «Динамика наземного покрова», с учетом принципа «полного охвата» по всем индикаторам НБДЗ		
Доля земельных площадей, покрытых лесами, %	Земли всех категорий	Туркменстат (Система социально-экономических показателей и метаданные)
Лесная площадь, га	Земли всех категорий	Туркменстат (Форма №1-лх)
Посевная площадь, га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Форма 1-сх, Форма № 29-сх)
Общая площадь уборки, га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Форма № 29-сх)
Динамика площадей по видам и подвидам угодий, в т.ч. орошаемых	В пределах земель различных категорий	Туркменстат
Динамика изменения площадей сельскохозяйственных угодий	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Форма №22)
Динамика балла бонитета почв	Земли всех категорий	Не определен. Возможно Министерство сельского хозяйства и охраны окружающей среды

Продолжение таблицы 1.

Показатель	Категория земель	Возможный источник информации
Данные о состоянии земель по категориям, угодьям и землепользователям	Земли всех категорий	Туркменстат (Форма №22)
3. Индикатор НБДЗ «Динамика продуктивности земель», с учетом принципа «полного охвата» по всем индикаторам НБДЗ		
Средняя урожайность, снижение в % от исходного	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Форма 1-сх, Форма № 29-сх)
Динамика сбора продукции по культурам	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Форма 1-сх, Форма № 29-сх)
Продуктивность кормовых культур, ц усл. к. ед./га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Система социально-экономических показателей и метаданные)
Продуктивность сельскохозяйственных угодий, манатов/1000 га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Система социально-экономических показателей и метаданные)
Продуктивность пашни (орошаемых земель), манатов/га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Система социально-экономических показателей и метаданные)
Продуктивность пастбищ, голов/ га	Земли сельскохозяйственного назначения	Туркменстат (Система социально-экономических показателей и метаданные). Минсельхоз (управление пастбищами)
Уменьшение биологического разнообразия заповедников/национальных парков (по наличию видов)	Земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения.	Туркменстат (Форма №1-заповедник). Минсельхоз (управление ООПТ)
Деградация растительного покрова	Земли всех категорий	Оценка современного состояния опустынивания, проведенная в 1998 г. Заявленная национальная система мониторинга земной поверхности
Деградация растительного покрова	Земли всех категорий	Оценки опустынивания земель по критериям (Харин, Татейши, 2004)
Динамика уровня засоленности почв	Земли всех категорий	Агрохимлаборатории в составе Минсельхоза
4. Индикатор НБДЗ «Динамика запасов почвенного органического углерода», с учетом принципа «полного охвата» по всем индикаторам НБДЗ		
Динамика содержания гумуса в пахотных почвах за период 10 лет	Земли сельскохозяйственного назначения	Профильные научные учреждения (формирование соответствующих национальных стандартов)
Динамика запасов ПОУ	Земли всех категорий	

В связи с этим важным является принцип выбора базовой линии для проведения такой оценки. В отличие от рекомендуемого в (Orr et al., 2017) подхода о выборе определенного временного периода, для сравнения в качестве точки отсчета в Туркменистане предлагается использовать как раз упомянутые материалы 1998 года, имеющие качественную географическую и временную привязку.

Индикатор НБДЗ «Динамика наземного покрова». Наиболее близкими к тематике деградации земель являются формы по статистике сельского хозяйства, в том числе данные земельного учета. В Туркменистане в основе национальной системы оценки качества земель лежит классификация земель по форме 22 статистического учета «Сведения о наличии и распределении земель по категориям и угодьям». Ранее мы показали (Лобковский и др., 2022), что имеющиеся в ней данные не позволяют использовать их напрямую для оценки НБДЗ. Эта проблема, типичная для стран постсоветского пространства, связана прежде всего с различием методических подходов оценки индикаторов НБДЗ и национальных статистических показателей. Решение этой проблемы мы видим в поиске путей взаимной адаптации национальных данных земельного учета и индикаторов оценки НБДЗ, что позволит сбалансировать оценку процессов деградации и восстановления земель для постановки задач мониторинга и принятия решений по вопросам рационального землепользования на национальном и местном уровнях.

Анализ официальной статистической отчетности показывает, что в настоящее время наиболее обеспеченными фактическими данными о состоянии земель являются следующие показатели:

- общая земельная площадь – всего и по 7 категориям земель (земли сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, водного фонда, государственного запаса, населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иных отраслей, природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения);
- площадь сельскохозяйственных угодий, в том числе орошаемых (пашни, многолетние насаждения, залежи, сенокосы, пастбища и прочие);
- площадь территории орошаемых охраняемых лесных зон и площади лесов;
- площади земель, находящиеся в стадии реконструкции;
- площадь земель по землепользователям (дайханские (фермерские) объединения; государственные животноводческие объединения; сельскохозяйственные акционерные общества; граждане страны, получившие земли для ведения товарного сельскохозяйственного производства (в частное пользование, в долгосрочную аренду); прочие сельскохозяйственные предприятия).

Вместе с тем наша оценка с использованием космических данных показывает (обзор динамики продуктивности с 2001 по 2020 гг. по данным MODIS на начало апреля как пик роста растительности), что для экологической оценки опустынивания важное значение имеют не столько категории, сколько разновидности использования земель (табл. 2а) и их качество (табл. 2б).

Таблица 2а. Виды использования земель в Туркменистане.

Виды использования земель	Площадь, км ²	%
Такыры	14162.89	2.98
Пустынно-пастбищные	358528.53	75.57
Горно-пастбищные	3358.83	0.71
Затопленные сбросными водами	23548.59	4.96
Ирригационные	38230.22	8.06
Горных речных долин	5920.32	1.25
Барханные пески	16196.59	3.41
Осыпи	1399.81	0.30
Солончаки	13113.12	2.76
Итого	474458.90	100

Эти виды землепользования более соответствуют диагностическим матрицам переходов, реализуемых в алгоритме модуля Trend.Earth при оценке динамики наземного покрова по 7 основным классам предусматривают оценку переходов по градации «ухудшение», «улучшение», «стабильно» (рис. 4).

Динамика переходов видов землепользования, перечисленных в таблицах 2а и 2б, с учетом их качественной оценки, представленная в матричном виде по аналогии с Trend.Earth, могла бы с успехом заменить этот генерализованный инструмент для условий Туркменистана в качестве первого

шага по адаптации национального и глобального подхода. На следующем этапе более эффективным подходом нам представляется использование видов и подвидов угодий для более дробной оценки (по сравнению с используемой в формах статистической отчетности), отражающей природно-ландшафтные особенности страны. Пример возможного перечня подвидов земельных угодий приведен в таблице 3.

Таблица 26. Степень деградации пустынно-пастбищных и ирригационных земель по данным MODIS с 2001 по 2020 гг. (использованы NDVI на начало апреля как пик вегетации).

Степень деградации	Площадь (км ²)	%
Пустынно-пастбищные земли		
Слабая	305921.38	85.33
Умеренная	52607.15	14.67
Итого	358528.53	100
Ирригационные земли		
Слабая	9637.1	25.21
Умеренная	20318.83	53.15
Сильная	8274.29	21.64
Итого	38230.22	100

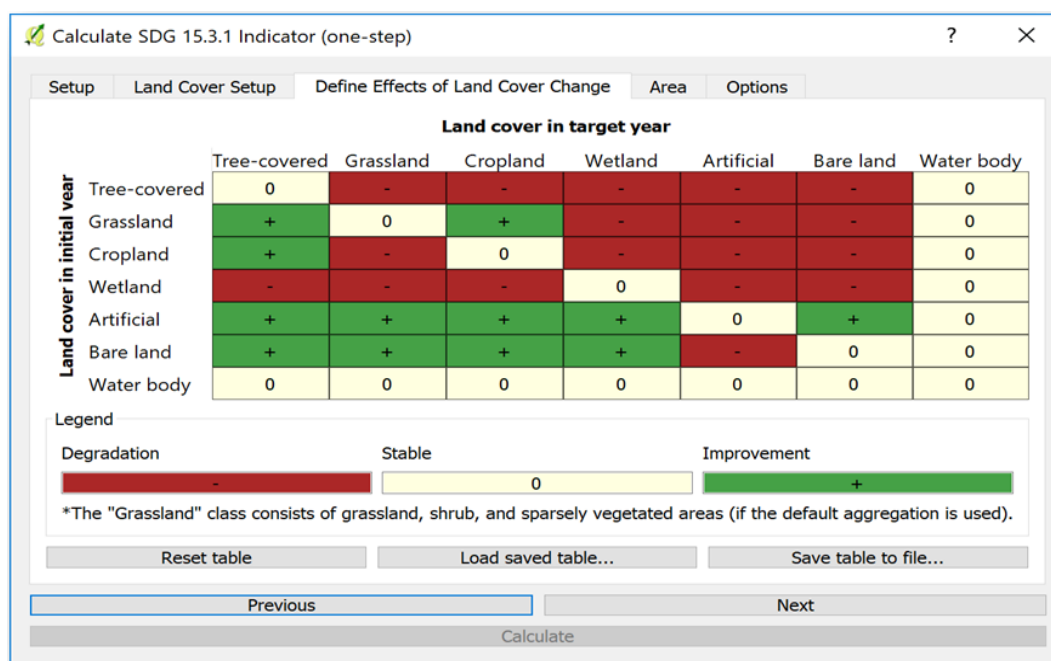


Рис. 4. Генерализованная («по умолчанию») матрица оценки динамики наземного покрова (Trend.Earth, 2018).

Таким образом в оценочной матрице классы наземного покрова могут быть заменены на виды/подвиды земельных угодий и их взаимный переход будет оцениваться по градации «ухудшение», «улучшение», «стабильно». Предлагаемый подход при условии корректного соответствия может быть использован для оценки динамики наземного покрова на общенациональном и местном уровне.

Индикатор НБДЗ «Динамика продуктивности земель». Для оценки динамики продуктивности земель по национальным индикаторам-аналогам потенциально возможны два основных подхода или их сочетание: а) адаптация данных глобальной базы вегетационного индекса NDVI для природно-климатических условий Туркменистана; б) использование национальных индикаторов-аналогов и

показателей мониторинга земель. Наш анализ показал, что для территории Туркменистана данные по NDVI можно использовать с определенными ограничениями, после выделения определенных категорий земель и землепользования, которые можно классифицировать на три группы по адекватности данного спутникового индекса для оценки эффективной продуктивности.

Таблица 3. Пример возможного разукрупнения перечня земельных угодий.

Виды земельных угодий (Форма 22)	Подвиды земельных угодий
1. Пашня	Орошаемые пашни
	Богарные пашни
2. Многолетние насаждения	Виноградники
	Плодовые
	Тутовые
	Прочие многолетние насаждения
3. Залежи	Залежи
4. Сенокосы	Сенокосы
5. Пастбища	Пастбища неорошаемые
	Пастбища орошаемые
	Пастбища пустынные, предгорные, горные
	Земли с/х назначения в стадии мелиоративной подготовки
6. Территория орошаемых охраняемых лесных зон и площади лесов	Лесные зоны и леса
	Пастбища на землях лесного фонда
7. Земли, находящиеся в стадии реконструкции	Под водой
	Под строениями, постройками, зданиями и сооружениями
	Нарушенные земли
8. Прочие земли	Пески
	Земли, находящиеся в стадии реконструкции

К первой группе относятся земли, для которых оценка продуктивности по NDVI эффективна в течение всего года. К таковым в основном относятся лесопокрываемые территории, территории ООПТ, поймы рек, природные горные и предгорные луга и редколесья. Вторая группа характеризуется возможностью и целесообразностью использования NDVI только для определенного сезона, который, как правило, отражает сезон вегетаций растений на пастбищах (весна и осень) и сельскохозяйственных полях (в зависимости от культур). Для земель третьей группы использование NDVI для оценки продуктивности нецелесообразно по причине низкого качества этих земель, несмотря на то, что в определенные сезоны значения вегетационного индекса могут быть относительно высокими: засоленные территории (например, галофиты на солончаках), такыры и такырные почвы.

Валидацию данных NDVI как показателя оценки продуктивности для земель первой группы целесообразно проводить по изменениям растительных рядов Л.Я.Курочкиной (2015). При этом в качестве сравнительного аналога («базовой линии» в терминологии концепции НБДЗ) можно использовать как предложенные (Ott et al, 2017) определенные временные диапазоны, так и природные фоновые территории – особо охраняемые территории разного статуса. Девять основных ООПТ страны расположены в различных природно-географических условиях и занимают 1599304 га или 3.28% от площади Туркменистана. Для земель второй группы валидация NDVI может проводиться по традиционным показателям, таким как оценка травостоя, продуктивности пастбищ, урожайность основных сельскохозяйственных культур и т.п.

Традиционными для Туркменистана индикаторами продуктивности земель, по которым, однако, в последнее время оценок не производилось, но имеются базовые данные на конец 80-х – 90-е гг.,

являются:

- *деградация растительного покрова* (Харин, Татейши, 2004), устанавливаемая с помощью таких критериев как: степень изменения растительного сообщества, доля климаксовых видов, проективное покрытие, сокращение кормов на пастбищах, потеря прироста древесины в лесах;
- *изменения в бонитете почв* (Методические указания ..., 2018), устанавливаемом по 100-балльной шкале для оценки качества орошаемых земель на основании почвенных показателей;
- *изменение уровня засоленности почв*, оцениваемого по соотношению ионов хлора и сульфатов (государственными стандартами Туркменистана TDS-26425-85 (Cl⁻, хлориды) и TDS-26426-85 (SO₄²⁻, сульфаты; Государственные стандарты Туркменистана, 2020) от «менее 0.03 (незасоленные)» до «более 0.60 (очень сильно засоленные (солончаки))»;
- *изменения продуктивности пастбищ* по таким показателям как запасы кормов (по группе типов и сезонам года), обеспеченность водными источниками, характер землепользования (методы выпаса, пастбищеобороты и пр.);
- *урожайность сельскохозяйственных культур* по данным государственной статистической отчетности Туркменистана по показателям: посевные площади и валовой сбор сельскохозяйственных культур, расчётный показатель урожайности.

Очевидно, что перечисленные индикаторы (или их сочетания) должны быть подобраны, установлены и в дальнейшем использоваться только для соответствующих типов земель и видов землепользования: пастбищ горных и пустынных, пашни орошаемой или богарной и т.п. Базовые данные по этим индикаторам, имеющиеся на период 80-90-х годов XX века, могут быть использованы для разработки и установления шкал продуктивности растительного покрова на основе спутниковых индексов с использованием метода ретроспективного мониторинга (Koroleva et al., 2019).

Индикатор НБДЗ «Динамика запасов почвенного органического углерода». Информация о запасах почвенного органического углерода (ПОУ) используемая при расчете показателя в Trends.Earth основана на данных глобальной базы данных SoilGrids и, как показали наши исследования (Куст и др., 2019; Andreeva, Kust, 2020; Беляева и др., 2020), не всегда отличается достоверностью, поскольку построена на модельных данных, не учитывающих местные условия в полном объеме. Нами выявлено, что в числе показателей ежегодного статистического мониторинга Туркменстата отсутствуют прямые показатели, оценивающие содержание ПОУ. Имеющиеся ретроспективные данные (по содержанию и запасам гумуса в почвах, мощности гумусового горизонта) весьма разрознены и не обновляются. В этой ситуации для оценки по ретроспективным национальным данным минимально допустимое значение содержания углерода в верхнем горизонте почв предлагается установить экспертным путем. По нашим оценкам, для Туркменистана его можно принять равным 0.5% и использовать как самостоятельный контрольный показатель. Валидацию значений для отдельных регионов можно провести с использованием имеющиеся данных прошлых лет (почвенные карты, карты оценки пастбищ, почвенные реестры и др.). Для оценки динамики рекомендуется рассматривать только территории, где содержание углерода превышает граничное значение, а динамику углеродного баланса рассчитывать с использованием моделей – углеродных «калькуляторов», например EX-АСТ, СВР, и другие.

Возможности использования дополнительных индикаторов с учетом национальной специфики. Кроме индикаторов-аналогов предлагаемых в (Org et al., 2017) глобальных индикаторов НБДЗ, в ходе исследования экспертным путем были выявлены и предложены важные для страны дополнительные самостоятельные индикаторы, которые могут быть использованы по принципу «полного охвата» для оценки НБДЗ и представлять отдельные картографические слои для удобства их применения. К ним относятся: а) засоление почв и земель (не только для орошаемых земель и, в отличие от вышеописанного, не только для оценки продуктивности); б) дефляция (ветровая эрозия) почв; в) засушливость климата. Ценность дополнительных индикаторов в том, что для отдельных территорий Туркменистана при оценке НБДЗ возможна замена какого-либо неэффективного для национальной оценки глобального индикатора на альтернативный национальный индикатор из числа перечисленных. Опыт использования этих индикаторов в Туркменистане складывается из следующего.

Засоление почв и земель удобно оценивать по комплексу показателей, предложенных

(Харин, Татейши, 2004). Это, в первую очередь, засоленность грунтовых вод, в г/л: слабая (3-6), умеренная (6-10), сильная (10-30). Засоленность оросительной воды, в г/л: слабая (0.5-1.0), умеренная (1.0-1.5), сильная (> 1.5). Сезонное накопление солей, в т/га: слабая (16-30), умеренная (30-45), сильная (45-90). Потеря урожая основной культуры, в %: < 15, умеренная (15-40), сильная (45-90). При оценке по нескольким показателям рекомендуется использовать максимально наихудшую оценку как итоговую. При этом переходы между степенями деградации можно использовать в расчетной матрице Trend.Earth.

Для оценки дефляции теми же авторами были предложены следующие показатели, все в %. Площадь, покрытая подвижными песками: слабая (менее 30), умеренная (30-70), сильная (более 70). Площадь, покрытая растениями, формирующими дернину: слабая (30-50), умеренная (10-30), сильная (< 10). Разрушение поверхностного горизонта почвы: слабая (менее 25), умеренная (25-50), сильная (> 50). Площадь, занятая котловинами выдувания: слабая (< 5), умеренная (5-10), сильная (> 10). Потеря урожая основной культуры: слабая (< 25), умеренная (25-50), сильная (> 50).

Засушливость климата. Природно-климатические условия Туркменистана обуславливают важное значение показателя засушливости климата среди факторов, обуславливающих деградацию земель (Состояние окружающей среды ..., 2008; Шестой национальный доклад ..., 2019; Национальная стратегия ..., 2020). Для оценки деградации земель на национальном и региональном уровнях оптимально использовать два основных климатических параметра: частота засух и частота пыльных бурь (с вариациями отдельных индексов и показателей).

Для частоты засух целесообразно применять индексы SPI (стандартизированный индекс осадков) и SPEI (стандартизированный индекс осадков и эвапотранспирации), расчеты которых ведутся на основании данных метеостанций и международных баз метеорологических данных. Для SPI (предоставляет только количественную оценку дефицита осадков, отсутствует компонент водного баланса почвы) используются многолетние ряды данных о месячных суммах осадков, преобразуемые в индекс вероятности осадков в любом временном масштабе. SPEI при определении засухи кроме осадков учитывает также потенциальное суммарное испарение (эвапотранспирацию). Многолетняя динамика этих индикаторов может быть использована для косвенной характеристики эффективности мер по борьбе с деградацией земель/опустыниванием (рис. 6).

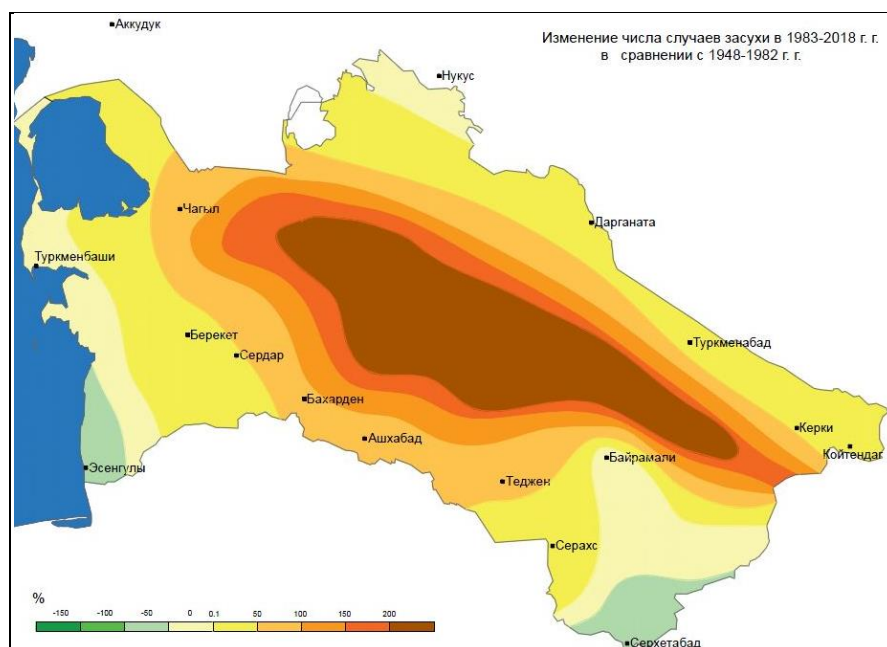


Рис. 6. Динамика засушливости по индексу SPI (изменение случаев засухи в 1983-2018 гг. по сравнению с 1948-1982 гг.; Засуха в Туркменистане, 2019).

Преимущество показателей засушливости заключается в том, что их мониторинг при наличии метеоданных проводится относительно просто, а также в том, что эти данные являются

пространственно-распределенными, что позволяет обеспечить покрытие всей территории Туркменистана. Расчет обоих индексов рекомендуется проводить в диапазоне временных рамок от 1 до 48 месяцев (Vicente-Serrano, 2014). В качестве дополнительных климатических индексов засушливости могут быть также использованы дополнительные параметры, учитываемые в системе Гидрометеорологической службы Министерства сельского хозяйства и охраны окружающей среды Туркменистана: повторяемость экстремальных засух и засух различной интенсивности и продолжительности, динамика среднегодовой температуры воздуха, динамика годового количества осадков. Подтверждение данных возможно через прямые наблюдения метеостанций, а также оценку косвенных изменений биотопов ООПТ вызванных засушливостью климата.

Оценку деградации земель на основе оценки частоты пыльных бурь возможно проводить на основе глобальных данных картографического ресурса КБО ООН (Sand and Dust ..., 2021), позволяющего оценить годовые и месячные циклы и локализовать источники возникновения пыльных бурь на территории Туркменистана. Этот ресурс позволяет также оценить дополнительный страновой индикатор «снижение частоты пыльных бурь с источниками в Туркменистане». Полученное число пыльных бурь также можно учитывать при оценке сезонного NDVI (карта пыльных бурь). Гидрометеослужба также может обеспечить систему мониторинга деградации земель такими дополнительными показателями, как: наибольшее число дней с пыльными бурями, наибольшее число дней с песчаными бурями.

Выводы

На основании проведенного исследования сформулированы подходы и требования к разработке национальной системы показателей для установления целей и оценки достижения нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ). Основой для мониторинга целевых показателей НБДЗ должна служить разрабатываемая в настоящее время Национальная система мониторинга земной поверхности Туркменистана таким образом, чтобы система национальных индикаторов и адаптированных глобальных индикаторов НБДЗ полностью обеспечивалась и подкреплялась статистическими данными и данными геоинформационного мониторинга на всю территорию страны.

Проведен анализ и рассмотрена возможность сопоставления и интеграции глобальных и национальных данных, необходимых для оценки деградации земель и мониторинга достижения НБДЗ. Установлено, что, несмотря на новые важные данные, получаемые с использованием глобальных подходов, в настоящее время достоверный мониторинг НБДЗ по национальным данным в полной мере не осуществим, т.к. а) глобальные индикаторы и расчет показателя деградации земель 15.3.1 «Целей устойчивого развития» на период до 2030 года недостаточно подтверждаются имеющимися национальными данными; б) система имеющихся национальных индикаторов и показателей не в полной мере соответствует глобальным прокси-индикаторам динамики наземного покрова, продуктивности и запасов органического углерода в почвах; в) для тех национальных индикаторов и показателей, которые потенциально могли бы быть использованы в качестве аналогов глобальных прокси-индикаторов, отсутствует система многолетнего мониторинга для всей территории страны.

Проведенный анализ совокупности национальных индикаторов и показателей, как уже имеющихся и активно используемых в национальной статистике, так и заявленных в рамках находящихся в разработке систем государственного мониторинга природной среды, а также отраженных в различных национальных исследованиях и научных разработках прошлых лет, позволили предложить рабочий список национальных индикаторов-аналогов для глобальных индикаторов НБДЗ и пути их валидации. Рекомендовано использовать материалы исследований прошлых лет для разработки показателей космического мониторинга НБДЗ с использованием методов ретроспективного анализа. В этом случае в качестве «базовой линии» для мониторинга деградации земель могут служить картографические и фондовые данные, собранные и обработанные в конце 80-х – 90-х годах XX века. Для более точной диагностики достижения НБДЗ рекомендовано использовать материалы по оценке состояния особо охраняемых природных территорий.

Показано, что ключевым отправным моментом для оценки деградации земель является с одной стороны, принятие на законодательном уровне определения «деградации земель» для отражения его в соответствующих руководствах по оценке, а с другой стороны, разработка списка типов земель и

видов землепользования, отражаемых в матрице переходов для определения положительных и отрицательных трендов. Имеющаяся в настоящее время классификация категорий земель не в полной мере отвечает этой задаче, поэтому предложены рабочие списки для дальнейшего анализа и внедрения в систему оценки деградационных изменений.

Для совершенствования путей возможной гармонизации глобальных и национальных индикаторов предложены дополнительные и альтернативные индикаторы НБДЗ, имеющие особое значение для Туркменистана: засоление почв и земель, дефляция (ветровая эрозия) почв, засушливость климата, пыльные бури. Для этих индикаторов предложены наиболее информативные и удобные показатели.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках проекта Региональной программы GIZ «Интегрированное землепользование с учетом изменения климата в Центральной Азии» (ILUCA) – сбор материала и предварительные выводы; темы Государственного задания Института географии РАН № FMWS-2022-0001 «Пространственные и временные проблемы устойчивого землепользования в контексте глобальных изменений климата» (обработка пространственных данных и формулирование основных положений и заключения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляева М.В., Андреева О.В., Куст Г.С., Лобковский В.А.* 2020. Опыт оценки динамики деградации земель юга европейской части России с использованием методологии нейтрального баланса деградации земель // Экосистемы: экология и динамика. Т. 4. № 3. С. 145-165.
- Государственные стандарты Туркменистана. 2020 [Электронный ресурс https://turkmenstandartlary.gov.tm/index.php?page=ru_2020_standartlar_3 (дата обращения 08.11.2021)].
- Доклад по осуществлению Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием в Туркменистане, Ашхабад. 2000 [Электронный ресурс <https://studylib.ru/doc/2096148/doklad---prais> (дата обращения 08.11.2021)].
- Закон об экологической информации. 2020 [Электронный ресурс <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/tuk196011.pdf> (дата обращения 08.11.2021)].
- Закон Туркменистана «О пастбищах». 2015 [Электронный ресурс <https://turkmenistan.gov.tm/index.php/ru/post/33916/zakon-turkmenistana-o-vnesenii-izmenenii-v-nekotorye-zakonodatelnye-akty-turkmenistana> (дата обращения 08.11.2021)].
- Закон Туркменистана «О статистике». 2012 [Электронный ресурс <https://www.parahat.info/law/2012-04-12-zakon-turkmenistana-o-statistike> (дата обращения 08.11.2021)].
- Закон Туркменистана «Об охране природы». 2014 [Электронный ресурс <http://energo-cis.ru/wyswyg/file/Zakon/Nacional/Turkmenia> (дата обращения 08.11.2021)].
- Закон Туркменистана «Об утверждении и введении в действие Лесного кодекса Туркменистана. 2011 [Электронный ресурс <https://www.parahat.info/law/2015-03-12-zakon-turkmenistana-o-vnesenii-izmeneniy-i-dopolneniy-v-lesnoy-koдекс-turkmenistana> (дата обращения 08.11.2021)].
- Засуха в Туркменистане. 2019. Статистический анализ засух за последние 70 лет [Электронный ресурс <https://meteojournal.ru/zasuha-v-turkmenistane-statisticheskij-analiz-zasuh-za-poslednie-70-let/> (дата обращения 08.11.2021)].
- Кодекс Туркменистана «О земле» от 25 октября 2004 года (с изм. и доп. по сост. на 17.04.2022). 2004 [Электронный ресурс https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31342678&show_di=1 (дата обращения 10.05.2022)].
- Курочкина Л.Я.* 2015. Мониторинг и картографирование деградации растительных формаций в экосистемах аридного Приаралья // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 5-21. [*Kurochkina L.Ya.* 2015. Monitoring and mapping of degradation of vegetation formations in the ecosystems of arid Aral Sea region // Arid Ecosystems. Vol. 5. No. 4. Pp. 201-215.]
- Куст Г.С., Лобковский В.А., Андреева О.В., Костовска С.К.* 2019. Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения. М.: Перо. 235 с.
- Лобковский В.А., Андреева О.В., Куст Г.С.* 2022. Интеграция международной и национальной систем мониторинга и оценки деградации земель в России // Известия РАН. Серия географическая. № 86 (1). С. 9-27.
- Методические указания по проведению работ по бонитировке почв и экономической оценке орошаемых земель. 2018 [Электронный ресурс http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?Rgn=4569 (дата обращения 08.11.2021)].
- Национальная лесная программа Туркменистана. 2021 [Электронный ресурс <https://centralasia.news/10183-utverzhdena-nacionalnaja-lesnaja-programma-turkmenistana-na-20212025-gody.html> (дата обращения 08.11.2021)].

- Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Туркменистане. 1996 [Электронный ресурс http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/turkmenistan-npd.pdf (дата обращения 08.11.2021)].
- Национальная Программа социально-экономического развития Туркменистана на 30 лет. 2022 [Электронный ресурс <https://www.oilgas.gov.tm/ru/posts/news/3953/v-turkmenistane-prinyata-natsionalnaya-programma-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-strany-na-30-let> (дата обращения 08.11.2021)].
- Национальная программа Туркменистана по Аралу. 2021 [Электронный ресурс <https://turkmenistan.gov.tm/ru/post/58015/utverzhdena-nacionalnaya-programma-turkmenistana-po-aralu-na-2021-2025-gody-i-plan-meropriyatij-po-eyo-realizacii> (дата обращения 08.11.2021)].
- Национальная стратегия об изменении климата. 2020 [Электронный ресурс <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/02/CC-Turkmenistan-WEB-RU.pdf> (дата обращения 08.11.2021)].
- Отчет Республики Туркменистан. 2018. Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием. Обзор эффективности и оценка системы внедрения [Электронный ресурс https://prais.unccd.int/sites/default/files/pdf_reports/unccd_Turkmenistan_2018_0.pdf (дата обращения 08.11.2021)].
- Повестка дня 2030. 2015. Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция A/RES/70/1, принятая Генеральной Ассамблеей ООН 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf (дата обращения 08.11.2021)].
- Правительственная комиссия по координации Национальной системы мониторинга земной поверхности. 2021 [Электронный ресурс <https://turkmenportal.com/blog/35280/v-turkmenistane-sozhdadut-pravitelstvennuyu-komissiyu-po-koordinacii-nacionalnoi-sistemy-monitoringa-zemnoi-poverhnosti> (дата обращения 08.11.2021)].
- Состояние окружающей среды Туркменистана. 2008. Министерство охраны природы Туркменистана. Ашхабад. 145 с.
- Туркменстат. 2021. Государственный комитет Туркменистана по статистике [Электронный ресурс <https://www.stat.gov.tm/> (дата обращения 08.11.2021)].
- Харин Н.Г., Татейшии Р. 2004. Карта деградации засушливых земель Азии // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 17-28 [Электронный ресурс http://aridecosystems.ru/wp-content/uploads/2019/01/T10_N24_25_2004.pdf (дата обращения 08.11.2021)].
- Шестой национальный доклад по осуществлению решений Конвенции ООН о биологическом разнообразии на национальном уровне. Туркменистан. 2019. 117 с. [Электронный ресурс <http://www.cawater-info.net/> (дата обращения 08.11.2021)].
- Andreeva O., Kust G. 2020. Land Assessment in Russia Based on the Concept of Land Degradation Neutrality // Regional Research of Russia. Vol. 10. No. 4. Pp. 613-622.
- Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. 2021. The Concept of Sustainable Land Management: Modern State, Models and Typology Development // Arid Ecosystems. Vol. 11. Pp. 1-10. [Андреева О.В., Лобковский В.А., Куст Г.С., Зонн И.С. 2021. Современное состояние концепции и разработка типологии моделей устойчивого землепользования // Аридные экосистемы. Т. 27. № 1 (86). С. 3-14.]
- Andreeva O., Sebentsov A., Kust G., Kolosov V. 2022. Study on Climate Change, Land Degradation and Migration Nexus in Central Asia // United Nations Convention to Combat Desertification, Institute of Geography of Russian Academy of Sciences. (in print)
- Koroleva P.V., Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. 2019. Retrospective Monitoring of Soil Waterlogging on Arable Land of Tambov Oblast in 1918-1968 // Eurasian Soil Science. Vol. 52. Pp. 834-852.
- Kust G.S., Andreeva O.V., Lobkovskiy V.A. 2020. Land Degradation Neutrality: The Modern Approach to Research on Arid Regions at the National Level // Arid Ecosystems. Vol. 10. Pp. 87-92. [Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А. 2020. Нейтральный Баланс Деградации Земель – современный подход к исследованию засушливых регионов на национальном уровне // Аридные экосистемы. Т. 26. № 2 (83). С. 3-9.]
- Orr B.J., Cowie A.L., Castillo Sanchez V.M. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface // United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany. 129 p.
- Sand and Dust Storms Source Base-map. 2021. United Nations Convention to Combat Desertification Электронный ресурс [<https://maps.unccd.int/sds> (дата обращения 08.11.2021)].
- Solomon M., Barger N., Cerdà A., Keesstra S., Markovic M. 2018. Assessing land condition as a first step to achieving land degradation neutrality: A case study of the Republic of Srpska // Environmental Science & Policy. Vol. 90. Pp. 19-27.
- Tier Classification for Global SDG Indicators, 22 May 2019. 2019 [Электронный ресурс https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier_Classification_of_SDG_Indicators_22_May_2019_web.pdf (дата обращения 08.11.2021)].
- Trends.Earth. 2018. Enabling the Use of Global Data Sources to Assess and Monitor Land Degradation at Multiple Scales [Электронный ресурс <http://trends.earth/docs/en/> (дата обращения 08.11.2021)].

- Verburg P.H., Metternicht G., Allen C., Debonne N., Akhtar-Schuster M., Inácio da Cunha M., Karim Z., Pilon A., Raja O., Sánchez Santivañez M., Şenyaz A.* 2019. Creating an Enabling Environment for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface // United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany. 77 p.
- Vicente-Serrano Sergio M.* Expert Developer Guidance. 2014. Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (Spei) [Электронный ресурс <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei?qt-climatedatasetmaintabs=1#qt-climatedatasetmaintabspdf/tm-nr-06-ru.pdf> (дата обращения 08.11.2021)].