

**НЕЙТРАЛЬНЫЙ БАЛАНС ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ – СОВРЕМЕННЫЙ  
ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ  
НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ<sup>1</sup>**

© 2020 г. Г.С. Куст, О.В. Андреева, В.А. Лобковский

*Институт географии РАН*

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

Поступила в редакцию 06.05.2019. После доработки 15.06.2019. Принята к публикации 28.06.2109.

Впервые приводятся результаты применения концепции нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) и методологии оценки индикаторов НБДЗ для засушливых регионов России. Показано, что ни в одной из засушливых областей нашей страны не достигнуто состояние НБДЗ, поскольку доля деградированных земель повсюду положительна и составляет от 9 до 67%. Вводится понятие «Индекса НБДЗ», на основании которого удобно проводить сравнение и ранжирование отдельных территорий, и приведена оценка некоторых засушливых регионов России по данному показателю. Одновременно делается вывод, что полученные результаты носят предварительный характер и нуждаются в валидации и уточнении на основе сравнения с имеющимися национальными данными, получаемыми традиционными методами.

*Ключевые слова:* нейтральный баланс деградации земель, опустынивание, засушливые регионы, деградация земель.

**DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10089**

**Достижение нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) –  
новейшая глобальная инициатива**

Нарастающее внимание человечества к земельным ресурсам планеты (Почвы в биосфере ..., 2012) связано прежде всего с увеличивающимися масштабами их деградации. По глобальной оценке, к 2018 году деградировало уже 75% наземного покрова (World Atlas ..., 2018), и, учитывая ежегодную деградацию как минимум 12 млн. га продуктивных земель, к 2050 году эта цифра может вырасти до 90% и более. Понимание необходимости разработки более эффективных стратегий, направленных на ответственное управление земельными ресурсами и снижения риска возникновения серьезных угроз для жизнеобеспечения населения на глобальном уровне, привело к разработке Целей Устойчивого Развития (ЦУР) ООН на период до 2030 года (Повестка ..., 2015); в частности, постановка Задачи 15.3 прямо формулирует: «К 2030 году бороться с опустыниванием, восстанавливать деградированные земли и почвы, в том числе земли, затронутые опустыниванием, засухой и наводнениями, и стремиться к достижению нейтрального баланса деградации земель». «Куратором» достижения ЦУР 15.3 в глобальном масштабе от имени ООН определена Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием (КБО; Cowie et al., 2016), утвержден глобальный индикатор для мониторинга этой задачи, рекомендованный для всех стран: доля деградированных земель от их общей площади, ниже «Индикатор I» (UNSD, 2016), принято согласованное международное определение НБДЗ: «Нейтральный баланс деградации земель – это такое состояние, при котором объем и количество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг, и усиления продовольственной безопасности, остаются стабильными или же увеличиваются в конкретно определенных временных и пространственных масштабах и экосистемах» (UNCCD, 2016).

<sup>1</sup> Статья подготовлена на основании анализа и обработки материалов исследований по гранту РНФ 18-17-00178 «Развитие фундаментальной концепции нейтрального баланса деградации земель для оценки эффективности мероприятий по устойчивому землепользованию и адаптации к изменениям климата». Сбор материалов выполнялся в рамках темы Государственного задания ФГБУН ИГ РАН № 0127-2019-0010 «Разработка научных основ устойчивого управления природно-антропогенными системами на основе моделей сбалансированного землепользования».

Таким образом, с появлением и развитием концепции НБДЗ «классическая» парадигма опустынивания приобретает более оформленные черты, меняясь от неопределенностей вроде «борьбы с опустыниванием» или «устойчивого землепользования» к конкретным показателям достижения НБДЗ. Для этого КБО утвердила минимальный набор из трех основных глобальных индикаторов достижения НБДЗ: изменения в наземном покрове (П-1), динамика продуктивности земель (П-2), динамика запасов почвенного углерода (П-3). С целью их дальнейшего мониторинга устанавливается «базовая линия» для сравнения изменений, за которую для глобальных целей рекомендовано принимать состояние земель в период около 2000-2005 годов (в зависимости от имеющихся данных). В настоящее время многие страны уже установили целевые национальные показатели, а другие, включая Россию, работают над установлением этих показателей (Национальный доклад ..., 2018). Очень важно при этом отметить, что НБДЗ не ставится как цель, которая требует нового международного соглашения. Для мониторинга целей устойчивого развития на национальном уровне можно использовать с учетом национальной специфики, опыта, социально-экономических особенностей и традиций указанные четыре индикатора (I, П-1, П-2, П-3), устанавливать их аналоги, а также дополнять их индикаторами третьего уровня, исходя из национальных и региональных особенностей.

Россия располагает обширными землями, которые являются одним из главнейших суверенных ресурсов России и одновременно важнейшей частью глобального фонда природных земель, не подверженных прямым антропогенным воздействиям, и поэтому привлекающих особое мировое внимание. Тем не менее, это не должно наводить на мысль о том, что наши земли неисчерпаемы. При кажущемся земельном богатстве и (сравнительно с другими странами) относительно низкой общей доле деградированных земель Россия имеет высокую долю деградированных земель именно в южных регионах, где сосредоточены наиболее продуктивные земельные ресурсы с высоким биоклиматическим потенциалом (около 8% от общей площади страны). Кроме того, помимо деградации земель в основных сельскохозяйственных регионах, в лесном поясе все больше проявляется процесс обезлесения и снижения доли малонарушенных лесов – как своеобразная форма «опустынивания» бореальных ландшафтов.

Таким образом, Россия, с одной стороны, входит в число стран с активным проявлением процессов, связанных с ухудшением качества земель, и ей близки проблемы и вызовы, имеющие глобальный характер, а с другой стороны – является страной с высоким земельным потенциалом, что играет огромную роль в сохранении и поддержании нейтрального баланса деградации земель на глобальном уровне. В этом смысле Россия выступает в роли своеобразного донора для сохранения глобального потенциала НБДЗ.

### **Объекты и методы исследования**

*Оценка деградации земель в России с использованием концепции НБДЗ.* Для обеспечения сравнимости результатов на глобальном уровне и в помощь отдельным странам КБО ООН при поддержке Глобального экологического фонда инициировала разработку специальных расчетных модулей «Trends.Earth» (TE), использующих материалы глобальных баз данных, включая данные постоянного мониторинга Земли из космоса (Trends.Earth, 2018). Принцип работы системы TE заключается в анализе множества спутниковых данных и может включать данные глобального и национального уровня, после чего эти данные можно интегрировать в удобный для пользователя интерфейс, имеющий ГИС-подоснову.

Преимуществами использования единой международной методологии для оценки НБДЗ является: а) использование минимального набора индикаторов для отслеживания динамики НБДЗ; б) применение данных из глобальных источников; в) возможность расширять и заменять суб-индикаторы НБДЗ национальными данными; г) возможность сравнения состояния земель, различных по физико-географическим и социально-экономическим показателям регионов на единой методологической основе; д) доступность используемого программного обеспечения.

В данной работе рассматриваются первые результаты, полученные при использовании глобальных источников данных для оценки НБДЗ «по умолчанию», без детальной проработки возможности замены на национальные индикаторы и использования национальных данных. Для оценки динамики наземного покрова использован набор данных Инициативы Европейского

Космического Агентства по изменению климата (European Space ..., 2016), охватывающий несколько временных периодов начиная с 2000 года и использующий иерархическую классификацию наземного покрова, специально созданную в целях определения базового состояния наземного покрова на глобальном уровне. Для этого 37 классов наземного покрова (по классификации Всемирной продовольственной организации (ФАО)), объединены в 6 укрупненных типов землепользования (табл. 1) таким образом, чтобы согласовать их с категориями земель, рекомендованными Межправительственной группой экспертов по изменению климата для оценки запасов органического углерода (IPCC, 2006). Данные о состоянии наземного покрова имеют пространственное разрешение 300 метров и являются на сегодняшний день единственным продуктом в мире, созданным по методологии, позволяющей проводить сопоставимый количественный анализ динамики наземного покрова на глобальном и региональном уровнях (Trends.Earth, 2018).

**Таблица 1.** Трансформация наземного покрова в Ставропольском крае в 2000-2015 гг., км<sup>2</sup>.

		Типы наземного покрова* в целевом (2015) году (км <sup>2</sup> )					
		1	2	3	4	5	6
Типы наземного покрова* в базовом (2000) году (км <sup>2</sup> )	1	728.13	0.99	1.17	0.00	7.87	0.00
	2	3.07	10417.48	5940.58	0.00	26.44	0.26
	3	9.43	58.14	47805.31	0.00	304.53	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	310.62	1.01	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	399.75	0.00
	6	0.00	5.81	1.27	0.00	0.04	17.23

**Примечания к таблице 1-3:** \*Типы наземного покрова: 1) лесопокрытая площадь (tree-covered), 2) травянистые сообщества и пастбища (grasslands), 3) пахотные земли (croplands), 4) водно-болотные угодья (wetlands), 5) искусственные поверхности (artificial areas), 6) другие земли (other lands).

Для оценки динамики продуктивности земель используются данные Единого европейского исследовательского центра (Gio Global Land ..., 2015). Набор данных получен из многолетних временных рядов глобальных наблюдений вегетационного спутникового индекса NDVI, составленных в 10-дневные композиты с пространственным разрешением 1 км. Выделяется 5 классов (трендов) динамики продуктивности земель (табл. 2).

**Таблица 2.** Динамика продуктивности земель в Республике Калмыкия в 2001-2015 гг., км<sup>2</sup>.

Типы наземного покрова	Классы (тренды) динамики продуктивности земель*					
	5	4	3	2	1	Нет данных
1	0.52	8.77	0.13	4.48	9.01	0.57
2	7490.94	45 864.22	84.41	2965.74	6864.95	81.95
3	188.33	4545.22	4.74	817.97	1378.81	16.54
4	23.55	180.94	4.03	45.81	89.53	16.58
5	3.16	17.27	0.00	9.67	9.03	0.09
6	214.78	1057.08	29.08	59.98	156.49	9.35
7	32.20	116.07	25.08	13.83	35.29	913.31
<b>Всего:</b>	7953.49	51 789.56	147.46	3917.49	8543.11	1038.38

**Примечания к таблице 2:** \*Классы (тренды) динамики продуктивности земель: 1 – снижение продуктивности (declining), 2 – умеренное снижение продуктивности (moderate decline), 3 – стабильное состояние, подверженное риску (stressed), 4 – стабильное состояние, не подверженное риску (stable), 5 – повышение продуктивности (increasing).

Глобальные данные по динамике запасов почвенного органического углерода (ПОУ) в расчете на

30-сантиметровый слой агрегированы на базе исходных сведений, содержащихся в базе данных SoilGrids Международного информационного центра по почвам (ISRIC, 2017), собранных для слоя 0-30 см по 6 обобщенным классам наземного покрова.

Совместное использование трех показателей, представленных в международных базах данных, и современные возможности их интегрального анализа с помощью ГИС-модулей расчета и наложения картографических слоев позволяют дать актуальную и комплексную оценку состояния наземных экосистем и экосистемных услуг. Оценка и мониторинг основных показателей проводится с использованием специального тематического модуля TE геоинформационной системы QGIS (Trends.Earth, 2018).

### Результаты и обсуждение

*Возможности сравнительной оценки состояния земель субъектов Российской Федерации по индикаторам НБДЗ.* Данные по наземному покрову позволяют составлять обзоры по состоянию и динамике шести укрупненных категорий земель. В качестве примера приведен такой анализ для Ставропольского края (рис. 1).

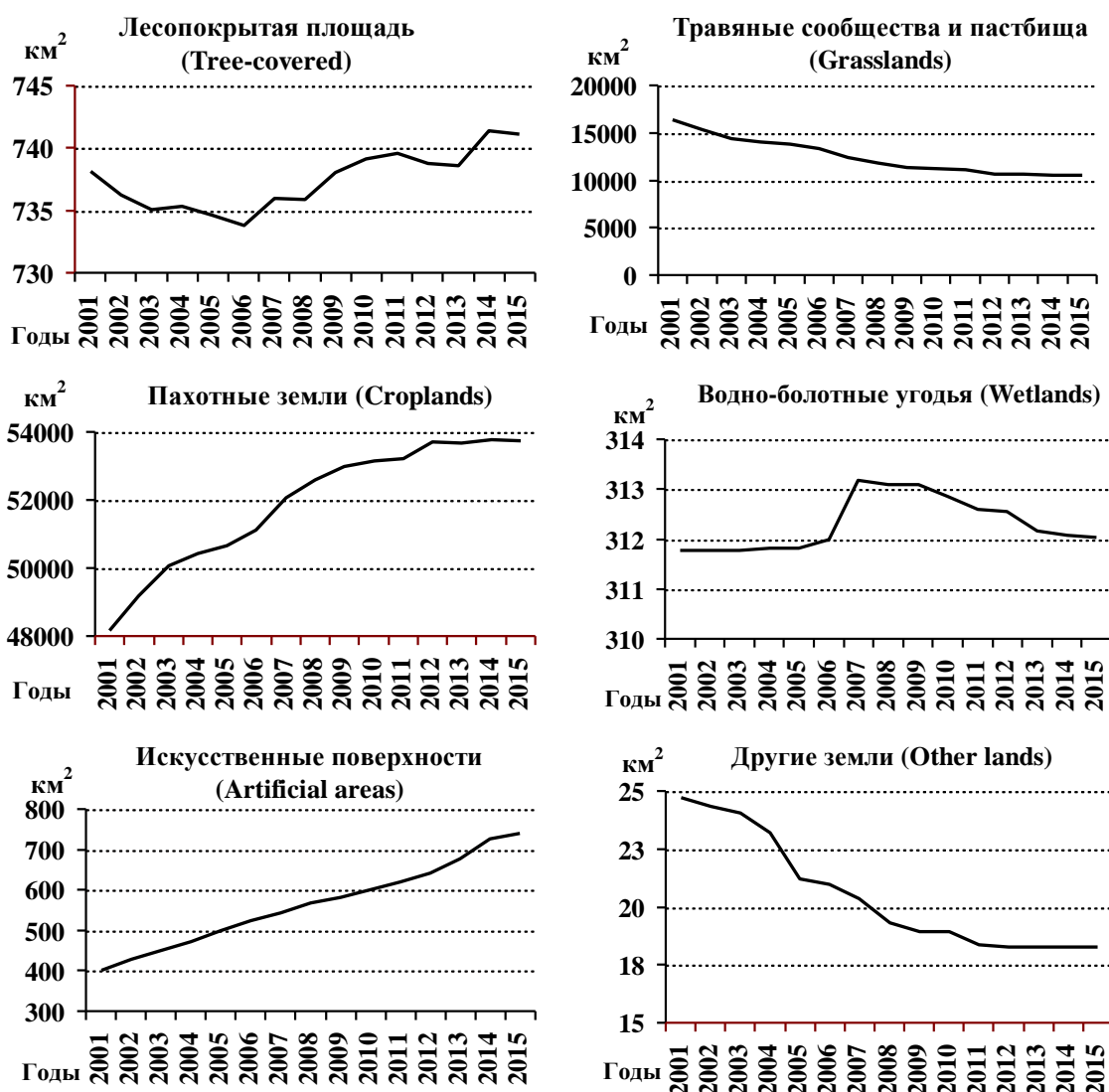


Рис. 1. Динамика наземного покрова Ставропольского края в 2001-2015 гг., км<sup>2</sup>.

Из результатов видно, что за 2001-2015 гг. в регионе наблюдался постепенный рост пахотных угодий при одновременном сокращении пастбищ. В то же время росла площадь застройки и других

искусственных поверхностей, в последнее десятилетие также увеличивалась лесопокрытая площадь. Материалы анализа интересны тем, что позволяют более детально, чем данные национальной статистики, проследить взаимные переходы земель (табл. 1). Из таблицы видно, что основной прирост пашни произошел за счет земель, занятых травяными сообществами (вероятно, в результате возвращения в использование залежных земель), но в незначительной степени наблюдаются и обратные процессы, а также переход достаточно большого количества пахотных земель в урбанизированные.

Данные, получаемые по этой методике, могут отличаться от официальных данных национальной статистики, а также материалов, имеющихся в специальной литературе. Это обстоятельство детально проанализировано в «Деградация земель ...» (2019). Вместе с тем представленные на глобальной методологической основе, эти данные оказываются сопоставимы с другими странами и регионами. Таким образом, на следующем этапе развития данной методологии стоит задача гармонизации получаемых с ее помощью данных с материалами, получаемыми традиционными способами.

Пример анализа динамики продуктивности земель для Республики Калмыкия (табл. 2) показывает, что изменения одинаковых типов землепользования могут быть разнонаправлены. Например, для пастбищных земель площади снижения и повышения продуктивности примерно сопоставимы, а вот для пахотных и лесопокрытых земель преобладают тренды снижения продуктивности, хотя общая ситуация в целом более-менее стабильна. Так же как и для индикатора динамики наземного покрова, динамику продуктивности можно проследить по отдельным годам.

Проведенная нами ранее валидация результатов анализа динамики запасов ПОУ, получаемых по методике ТЕ, показывает, что они пока не выдерживают серьезной критики (Kust et al., 2018; Деградация земель ..., 2019), поскольку расчет динамики ведется не по фактическому содержанию гумуса в почвах, а на основании усредненных данных для отдельных типов землепользования. Для России такой подход является очень грубым допущением, поскольку географическое разнообразие почв, занятых однотипным наземным покровом, чрезвычайно велико и трудно проводить корректное сравнение, например, динамики запасов почвенного углерода в травяных экосистемах лесостепей и полупустынь. Тем не менее, в пределах отдельно взятых субъектов РФ это может быть оправданным, так как позволяет выявлять «горячие точки», требующие особого внимания в отношении мероприятий по поддержанию устойчивого баланса органического вещества почв.

На примере Астраханской области (табл. 3) видно, что максимальная эффективность накопления ПОУ характерна для переходов любых типов землепользования в пахотные земли, а потери в основном связаны с преобразованием природных систем в искусственные (застройка, дорожное строительство).

**Таблица 3.** Изменение запасов почвенного органического углерода в Астраханской области с 2000 по 2015 гг., % к исходному базовому уровню.

		Типы наземного покрова в 2015 году, %					
		1	2	3	4	5	6
Типы наземного покрова в базовом (2000) году, %	1	1.84	11.45	241.45	-0.46	-18.75	–
	2	-0.70	0.37	22.05	–	-31.09	-20.23
	3	1.64	8.44	0.23	–	-29.46	–
	4	0.40	0.00	0.00	0.03	-19.88	–
	5	–	–	–	–	-2.66	–
	6	–	50.27	36.03	–	0.00	0.09

*Сравнительная характеристика регионов субъектов Российской Федерации по показателям НБДЗ.* Неоспоримым достоинством данного метода является возможность проводить на единой методологической основе сравнение состояния деградации земель разных регионов России. Индикатор I – доля деградированных земель от общей площади анализируемой территории – рассчитывается исходя из индикаторов II-1, II-2 и II-3 с применением принципа «полного охвата» (“one out, all out”), то есть если хотя бы один из этих трех показателей на конкретной территории ухудшается, то вся территория считается деградированной.

Из данных таблицы 4 видно, что ни в одной из засушливых областей нашей страны не достигнут

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2020, том 26, № 2 (83)

показатель НБДЗ, поскольку доля деградированных земель повсюду положительна и составляет от 9 до 67%. Вместе с тем регионы России неодинаковы по состоянию земель и их удобно ранжировать по введенному нами показателю «Индекса НБДЗ», представляющего собой разницу между улучшенными и ухудшенными землями в пределах определенной территориальной единицы (табл. 4). По этому показателю наихудшая ситуация характерна для Волгоградской и Ростовской областей, где велика (более 60%) доля деградированных земель и ничтожно мала (всего около 10%) доля улучшенных земель. В Республиках Калмыкия и Бурятия показатели деградации земель сопоставимы с показателями улучшения, а в Самарской области, Республиках Хакасия и Дагестан доля улучшенных земель примерно в три раза превышает долю деградированных.

Полученные результаты, очевидно, не являются абсолютно достоверными, и как отмечалось выше, их необходимо валидировать по данным, собираемым традиционным путем. Однако уже из первого анализа этих материалов можно сделать вывод, что они в целом достаточно адекватно позволяют сравнивать регионы России между собой, а также планировать решения, целевым образом направленные на принятие мер по сохранению земельных ресурсов в «горячих точках» тех или иных регионов.

**Таблица 4.** Расчет доли деградированных земель в засушливых регионах России, в % от общей площади субъекта РФ за период 2001-2015 гг.

Регион	Баланс деградации земель в Российской Федерации (за период 2000-2015), %			Индекс НБДЗ, %
	Улучшенные земли	Стабильные земли	Ухудшенные земли	
Ростовская область	9.7	22.8	66.9	-57.3
Волгоградская область	11.1	25.9	62.5	-51.5
Республика Крым	9.1	43.8	43.9	-34.9
Краснодарский край	28.0	17.1	50.9	-22.9
Саратовская область	24.5	33.7	41.2	-16.7
Оренбургская область	18.3	48.9	32.5	-14.2
Астраханская область	15.9	55.5	26.3	-10.3
Республика Калмыкия	20.5	58.7	20.4	0.0
Республика Бурятия	21.2	57.8	20.3	0.9
Воронежская область	42.1	22.9	34.7	7.4
Республика Тыва	26.2	58.0	14.8	11.4
Республика Адыгея	43.9	23.0	31.7	12.2
Белгородская область	49.9	15.4	34.4	15.5
Забайкальский край	31.5	53.7	14.4	17.1
Алтайский край	27.6	62.1	9.6	18.0
Самарская область	42.5	41.9	14.8	27.8
Республика Хакасия	37.5	52.3	9.6	28.0
Республика Дагестан	42.9	43.6	10.8	32.2

### Заключение

Понимание того, что количество земельных ресурсов, имеющих в распоряжении человечества ограничено, а также повышение осведомленности о темпах, с которыми мы их истощаем и уничтожаем, сформировало абсолютно новую парадигму в публичном дискурсе: деградация земель является сложной глобальной проблемой, однако существуют закономерности, благодаря которым организованное мышление и новые творческие решения смогут обеспечить более эффективное

использование земельных ресурсов в будущем.

В настоящее время подходы к оценке и мониторингу деградации земель и опустынивания вышли за рамки субъективных обзорных исследований. В наши дни стало возможным с использованием современных средств дистанционного зондирования Земли и применения стандартизированных индексов получать независимые комплексные оценки состояния природных экосистем и их динамики. Эти возможности, реализованные в формате расчетного модуля для получения информации о динамике доли деградированных земель, использованы для оценки обширной и географически разнообразной территории Российской Федерации и сравнения состояния ее засушливых регионов на единой методологической основе.

Для развития этого метода и получения адекватных и точных оценок показатели динамики состояния земель должны быть рассчитаны в максимально возможной степени с использованием сопоставимых и стандартизированных национальных источников данных. Только при их отсутствии или в качестве дополнения к национальным данным рекомендуется использовать глобальные источники данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения. 2019 / Ред. Г.С. Куст. М: Перо. 235 с.
- Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)». 2018 / Ред. А.И. Бедрицкий. М.: ГЕОС. 285 с.
- Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция A/RES/70/1., принятая ГА ООН 25 сентября 2015 года. 2019 [Электронный ресурс [https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1\\_ru.pdf](https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf) (дата обращения 26.01.2019)].
- Почвы в биосфере и жизни человек. 2012 / Ред. Г.В. Добровольский, Г.С. Куст, В.Г. Санаев. М: Московский государственный университет леса. 584 с.
- Cowie A.L., Orr B.J., Castillo V.M., Chasek S.P., Crossman N.D., Erlewein A., Louwagie G., Maronh M., Metternicht G.I., Minelli S., Tengberg A.E., Walter S., Welton S. 2018. Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality // *Environmental Science & Policy*. Vol. 79. P. 25-35.
- European Space Agency's Climate Change Initiative Land Cover. 2015. European Space Agency. [Электронный ресурс <http://www.esa-landcover-cci.org> (дата обращения 21.02.2019)].
- Gio Global Land Component. 2015. Lot I «Operation of the Global Land Component». JRC Contract. Product user manual. Leaf Area Index. Issue I2.2 [Электронный ресурс [http://icdc.cen.uni-hamburg.de/fileadmin/user\\_upload/icdc\\_Dokumente/COPERNICUS\\_LAND/GIOGL1\\_PUM\\_LAIV1\\_I2.20.pdf](http://icdc.cen.uni-hamburg.de/fileadmin/user_upload/icdc_Dokumente/COPERNICUS_LAND/GIOGL1_PUM_LAIV1_I2.20.pdf) (дата обращения 21.02.2019)].
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (5 Volumes). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme / Eds. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe. Japan: IGES [Электронный ресурс <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> (дата обращения 07.02.2019)].
- ISRIC. 2017. International Soil Reference and Information Centre [Электронный ресурс <http://www.isric.org> (дата обращения 21.02.2019)].
- Kust G., Andreeva O., Lobkovskiy V., Telnova N. 2018. Uncertainties and policy challenges in Implementing Land Degradation Neutrality in Russia // *Environmental Science & Policy*. Vol. 89. P. 348-356.
- Orr B.J., A.L. Cowie, V.M. Castillo Sanchez, P. Chasek, N.D. Crossman, A. Erlewein, G. Louwagie, M. Maron, G.I. Metternicht, S. Minelli, A.E. Tengberg, S. Walter, and S. Welton. 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.
- Trends.Earth. 2018. Conservation International [Электронный ресурс <http://trends.earth/docs/en> (дата обращения 21.02.2019)].
- UNCCD. 2016. Land Degradation Neutrality: The Target Setting Programme. 20 p.
- UNSD. 2016. E/CN.3/2016/2/Rev.1. Report of the Inter-Agency Expert Group on Indicators of the achievement of the Sustainable Development Goals [Электронный ресурс <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2015/03/150320-SDSN-Indicator-Report.pdf> (дата обращения 21.02.2019)].
- World Atlas of Desertification. 2018 / Eds. M. Cherlet, C. Hutchinson, J. Reynolds, J. Hill, S. Sommer, G. von Maltitz. Luxembourg Publication Office of the European Union. 256 p.