

## УСТОЙЧИВОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ И НЕЙТРАЛЬНЫЙ БАЛАНС ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

© 2022 г. О. В. Андреева<sup>a,\*</sup>, Г. С. Куст<sup>a,\*\*</sup>, В. А. Лобковский<sup>a,\*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

\*E-mail: andreeva@igras.ru

\*\*E-mail: kust@igras.ru

\*\*\*E-mail: v.a.lobkovskiy@igras.ru

Поступила в редакцию 25.01.2022 г.

После доработки 19.02.2022 г.

Принята к публикации 27.02.2022 г.

Активное развитие концепции устойчивого землепользования (УЗП) неразрывно связано с подходами нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ). Принято считать, что так называемые успешные практики землепользования позволяют предотвратить, снизить риск развития и обратить вспять деградацию земель при сохранении потенциала продуктивности и экосистемных функций. На основании анализа соответствия успешных практик параметрам УЗП и разработанных на этой базе иерархии и типологии землепользования (с выделением категорий “практика”, “модель”, “тип”, “класс”) показано, что отдельные практики и технологии не всегда приводят к достижению нейтрального баланса деградации земель и, наоборот, не всегда НБДЗ достигается только методами устойчивого землепользования. Моделирование УЗП с использованием качественных оценочных шкал и лепестковых диаграмм продемонстрировало высокую эффективность для визуализации целостности моделей и их корректировки с целью достижения наилучшего результата. Предложена усовершенствованная типология с тремя основными классами землепользования: простое, поддерживаемое, расширенное. Особое внимание уделено классу “иные формы”, включающему природное функционирование, долговременное забрасывание земель и разрушающее землепользование. Предложена схема-алгоритм распознавания устойчивого землепользования в случае установления нейтрального баланса, а также обратный алгоритм достижения баланса при разных моделях землепользования. Выдвинута гипотеза о ландшафтно-экологическом каркасе УЗП, позволяющая объяснить причины расхождения оценок НБДЗ для объектов разного масштаба: достижение нейтрального баланса деградации земель на определённой территории возможно не столько сплошным покрытием этой территории успешными практиками УЗП, сколько сохранением каркаса моделей, типов и классов УЗП.

*Ключевые слова:* земельные ресурсы, нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ), типология землепользования, ландшафтно-экологический каркас, деградация земель, успешные практики, устойчивое землепользование.

DOI: 10.31857/S0869587322060020

Устойчивое землепользование (УЗП, оригинальный англоязычный термин – “sustainable land management”) представляет собой комплексный

АНДРЕЕВА Ольга Валентиновна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования ИГ РАН. КУСТ Герман Станиславович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования ИГ РАН. ЛОБКОВСКИЙ Василий Анатольевич – кандидат географических наук заведующий отделом физической географии и проблем природопользования ИГ РАН.

подход к решению проблем деградации земельных ресурсов, сохранения потенциала продуктивности земель и экосистемных функций. Становление концепции УЗП началось к концу 1980-х – началу 1990-х годов и связано с подготовкой Саммита ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. В Рамочном документе по оценке устойчивого землепользования [1, 2] были сформулированы пять базовых положений, определяющих, что УЗП является сочетанием технологий, стратегии и действий, направленных на интеграцию социально-экономических принципов с экологическими проблемами, чтобы од-

новременно поддерживать или улучшать производство/услуги, снижать уровень производственных рисков, защищать потенциал природных ресурсов и предотвращать ухудшение качества почвы и воды, быть экономически жизнеспособными и социально приемлемыми.

Активное развитие концепции устойчивого землепользования в последнее время неразрывно связано с применением подходов нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) согласно Цели № 15 Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., принятой в 2015 г.: “Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия” [3]. Принято считать, что технологии и практики устойчивого землепользования позволяют предотвратить, снизить риск развития, смягчить неблагоприятные последствия нерационального использования и обратить вспять деградацию земель [4–7].

Несмотря на огромное число работ (более 1.6 млн по хештегу “sustainable land management”, по данным Google Scholar, за 2010–2022 гг.), при всём разнообразии подходов и проработки тематики УЗП до сих пор дискуссионным остаётся понимание “устойчивости” землепользования и его интерпретация. Одни только переводы самого понятия на русский язык отличаются: “устойчивое землепользование”, “рациональное использование земель”, “устойчивое управление земельными ресурсами”. Разные авторы трактуют УЗП через разные подходы: интегрированное управление плодородием почвы [8], ресурсосберегающее сельское хозяйство и улучшенное управление пастбищами [9], улучшенное управление водными и лесными ресурсами [10], сохранение природных ресурсов для производства продовольствия [11], повышение содержания почвенного органического углерода [12], восстановление экосистем в целом [13]. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) рассматривает УЗП как путь к минимизации деградации земель, восстановлению деградированных территорий и обеспечению оптимального использования земельных ресурсов на благо нынешнего и будущих поколений [14]. Важным аспектом является отражение экономической составляющей устойчивого землепользования. Глобальная инициатива по экономике деградации земель определяет УЗП как набор возможных технологий, практик и подходов к управлению земельными ресурсами на местном уровне, а многочисленные проекты по экономической оценке экосистемных услуг подтверждают, что инвестиции в устойчивое землепользование успешно окупаются [15]. Наиболее согласованное и

ёмкое в настоящее время определение УЗП – “устойчивое использование ресурсов земель, включающих почвы, воду, растительный и животный мир, для производства товаров и услуг, отвечающих меняющимся потребностям людей, при условии обеспечения долгосрочного продуктивного потенциала этих ресурсов и сохранения их экологических функций” [16, с. 46].

Таким образом, с одной стороны, понятие “устойчивое землепользование” стало широко распространённым, а с другой – существующие подходы не дают возможности определить устойчивость той или иной конкретной практики и технологии землепользования. Авторы опираются в основном на экологические индикаторы, например, показатели эрозии почв или качество воды, однако эти параметры не всегда являются определяющими для выбора лучших практик УЗП и зависят главным образом от типа использования земель и природной зоны. Общепринятые критерии эффективности применяемых мер и устойчивости воздействий не сформулированы. Они, как правило, устанавливаются экспертной оценкой в зависимости от целевого направления той или иной технологии на локальном уровне, степени деградации земель, риска деградационных процессов, необходимости кардинального вмешательства для борьбы с деградацией земель и за сохранение экосистемных функций. Например, в статье [17] рассматривается внедрение практик и технологий УЗП как способ смягчения негативного воздействия засух на продуктивность сельхозугодий, пастбищ, лесов и лесных насаждений. Работы [7, 12] показывают, что практики устойчивого землепользования способствуют поддержанию и увеличению запасов почвенного органического углерода, который рассматривается в качестве одного из основных индикаторов состояния экосистемы и ключевого критерия для выбора технологий УЗП.

Концепция нейтрального баланса деградации земель позволила по-новому оценить подходы устойчивого землепользования, о чём свидетельствует большое количество работ за последние 5–7 лет (более 17.5 тыс. по хештегу “sustainable land management land degradation neutrality”, по данным Google Scholar). Согласно определению, утверждённому на 12 Конференции сторон Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН) [18], нейтральный баланс деградации земель (НДБЗ) – это такое “состояние, при котором объём и количество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг и усиления продовольственной безопасности, остаются стабильными или же увеличиваются в конкретно определённых временных и пространственных масштабах и экосистемах”. Развитие этой концепции позволило предложить рассмотрение путей достижения НДБЗ

через иерархию откликов – мероприятий, направленных на предотвращение, сокращение и обращение вспять деградации земель [6]. Эффективность этих мероприятий (практик и технологий УЗП) мы предлагаем оценивать через достижение нейтрального баланса деградации земель на конкретной территории [19]. В работе [7] подчёркивается, что устойчивое землепользование – один из основных механизмов для достижения НБДЗ. Возможность выбора оптимальных практик устойчивого землепользования и моделирования достижения нейтрального баланса деградации земель на различных уровнях показана в статье [20], а в [21] продемонстрирована возможность использования “индекса НБДЗ” в качестве простого и эффективного инструмента, свидетельствующего об эффективной земельной политике и снижении риска деградации земель в каком-либо регионе или хозяйстве. Наконец, на основании интегрированного учёта подходов УЗП и НБДЗ нами было сформулировано и впервые предложено для использования в России определение понятия “деградация земель”, относящееся к любым категориям земель и земельным угодьям: “совокупность широкого спектра причин, явлений и процессов природного и антропогенного характера, приводящих к снижению экономического и/или природного потенциала земель и оказываемых ими экосистемных услуг, или их устойчивости к негативным воздействиям” [22, с. 63].

Однако, несмотря на эти прямые предложения и кажущуюся простоту рабочих гипотез, до сих пор не разработано каких-либо алгоритмов применения подходов НБДЗ к оценке УЗП. Причина этого была раскрыта путём детального анализа типов землепользования [20]. Выявлено, что не все так называемые успешные практики землепользования способствуют достижению нейтрального баланса деградации земель, и, наоборот, не каждый случай нейтрального баланса обязательно связан с какой-либо моделью землепользования. Этот, на первый взгляд, парадоксальный и неожиданный вывод позволил переосмыслить взаимосвязи УЗП и НБДЗ и сформулировать задачи данной работы:

- анализ содержательного соответствия наборов успешных практик параметрам УЗП;
- анализ взаимосвязей НБДЗ и УЗП, развитие подходов к типологии моделей УЗП;
- разработка алгоритма распознавания УЗП в случае установления НБДЗ и обратного;
- постановка гипотезы о ландшафтно-экологическом каркасе УЗП.

**Объекты и методы.** Объектами нашего исследования послужили так называемые успешные (лучшие и хорошие) практики и технологии устойчивого землепользования, описанные в различных источниках, преимущественно на между-

народных платформах обмена знаниями. Основной глобальной платформой, реализующей подходы УЗП, является сеть WOCAT (обзор мировой практики природосберегающих подходов и технологий) [23] – всемирная база данных, рекомендованная КБО ООН для документирования, оценки, распространения и обмена опытом применения лучших практик в области предотвращения деградации земель, сохранения земельных и водных ресурсов. Эта база насчитывает более 2 тыс. успешных практик из 133 стран.

ФАО также предоставляет многочисленные научно-справочные материалы и базы данных как для специалистов, так и для местных землепользователей: FAOSTAT, TERRASTAT, AQUASTAT и FORIS, которые содержат информацию по сельскому хозяйству, земле, воде и лесам. Здесь обобщаются данные о системах землепользования, земельных ресурсах и поддержке принятия решений (LRIS), данные глобальной системы наблюдения за сушей (GTOS), цифровая карта почв мира ФАО/ЮНЕСКО, Глобальное исследование агроэкологических зон ФАО/IIASA (GAEZ) и Оценка лесных ресурсов (FRA), Сеть почвенно-растительного покрова (GLCN), а также программа “Деградация земель. Оценка деградации земель в засушливых районах” (LADA). Международные инициативы, такие как Азиатско-Тихоокеанская сеть агролесомелиорации (APAN), Сеть управления водосборами в Азии (WATMAN), Азиатско-Тихоокеанская сеть агролесоводства (APAN), Сеть по комплексному управлению засоленными почвами (SPUSH), Инициатива стран Центральной Азии по управлению земельными ресурсами (CACILM), содержат подробные описания успешных практик землепользования и опыта борьбы с деградацией земель на локальном и региональном уровнях.

В России пока нет аналогичных сетевых ресурсов, однако в учебных и специальных научных изданиях накоплен большой опыт по разработке, внедрению и распространению практик, направленных на борьбу с водной и ветровой эрозией почв, переувлажнением, засолением, осолонцеванием и уплотнением почв, загрязнением почв и вод. Описаны технологии определения оптимального соотношения минеральных удобрений, расчёт допустимой нагрузки на пастбища, создание конструкций защитных лесополос, управление лесами и др. Примером одной из наиболее активно развивающихся баз данных по обмену опытом применения ресурсосберегающих технологий служит платформа “Агроэкомиссия” (успешные практики с применением технологий точного земледелия, минеральных и органических удобрений, мониторинга запасов почвенного органического углерода) [24].

**Таблица 1.** Качественная шкала для характеристики степени проявления параметров оценки

Генерализованные параметры устойчивости землепользования	Степень проявления				
	отсутствуют или очень низкие	низкие	умеренные	высокие	очень высокие
1. Неблагоприятные природные процессы и явления (актуальные) – ПП	5	4	3	2	1
2. Неблагоприятные антропогенные воздействия и вызванные ими процессы (актуальные) – АП	5	4	3	2	1
3. Риск развития деградационных явлений (потенциальные деградационные процессы) – Р	5	4	3	2	1
4. Природный и/или расширенный потенциал земель – ПЗ	1	2	3	4	5
5. Способность земель к самовосстановлению, адаптационные технологии, компенсационные и восстановительные мероприятия – В	1	2	3	4	5

Методической основой для анализа успешных практик и моделей землепользования в рамках данной работы послужили подходы к типологии объектов землепользования, опубликованные нами ранее [20, 25]. Напомним наиболее существенные из них.

Определены понятия “объект землепользования” и “модель землепользования”. Под объектом землепользования понимается целостный ландшафтно-хозяйственный объект с определёнными границами на местности, в пределах которого оценивается эффективность применяемых практик и достижение НБДЗ. Моделью землепользования предложено называть центральный образ совокупности практик и технологий (в отличие от частных местных практик), которые имеют сходные технологические приёмы, природные и социально-экономические условия и потенциал, риски деградации земель (включая антропогенные воздействия), возможность и способы достижения нейтрального баланса.

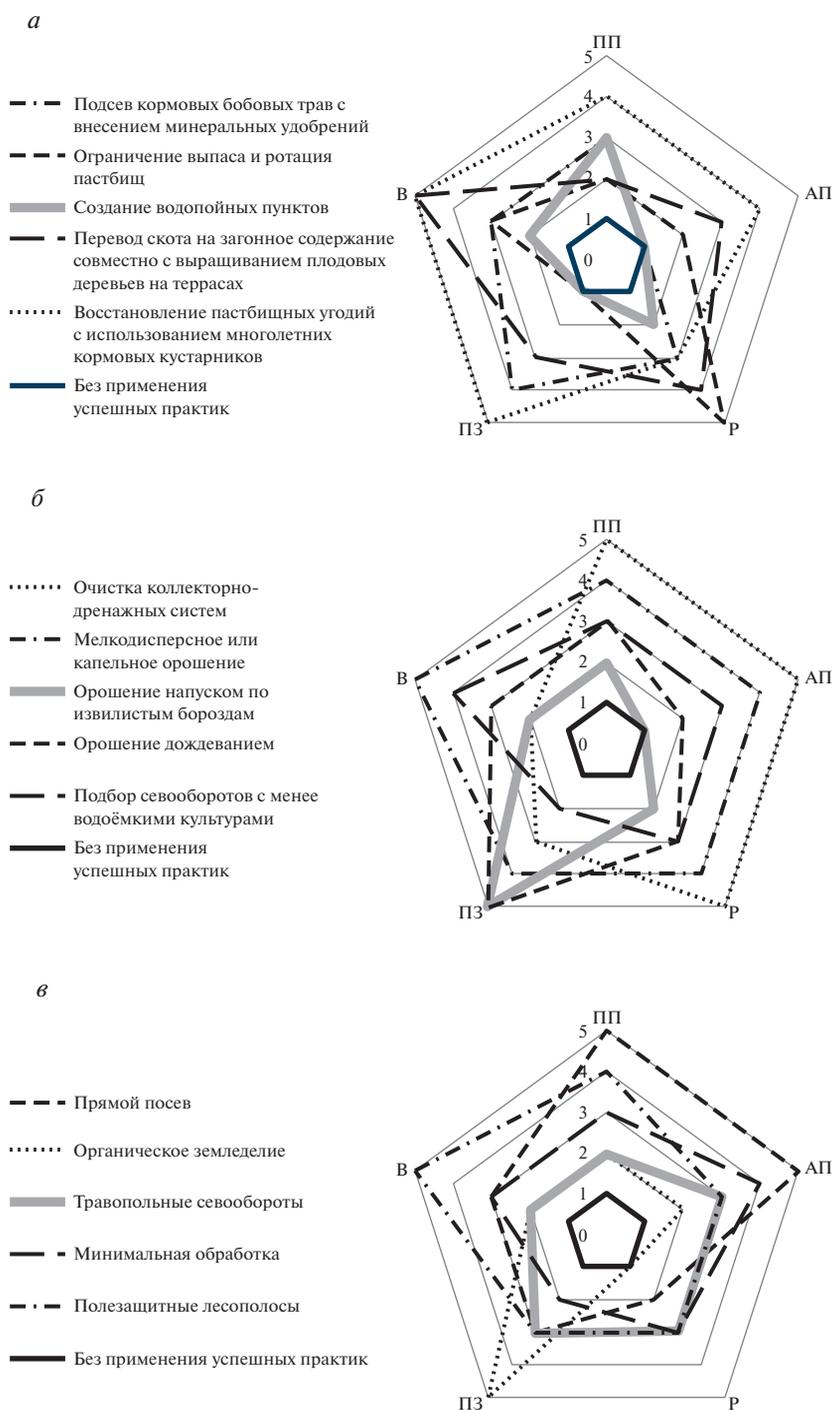
Предложен набор из девяти признаков распознавания устойчивости землепользования: природное негативное воздействие, антропогенное негативное воздействие, риск деградации, природный/исходный потенциал, способность к самовосстановлению, искусственное поддержание баланса/восстановления, адаптационные технологии, инновационные технологии для расширения потенциала, достаточность ресурсов и социально-экономических условий. Сформулированы подходы к типологии моделей УЗП и описана

иерархия практик землепользования с выделением категорий “практика”, “модель”, “тип”, “класс”. Основой для классификации послужил характер используемых ресурсов (природные, поддерживаемые, расширенные), а для типов – ведущий для данного класса признак.

Апробация перечисленных подходов показала, что выделение типов и классов моделей устойчивого землепользования является прогрессивным, поскольку позволяет обосновать рекомендацию выбора конкретных практик. В то же время их внедрение затруднительно из-за недоработанной системы экспертной оценки параметров устойчивости землепользования и отсутствия ясных алгоритмов идентификации НБДЗ.

В целях улучшения подходов нами была разработана качественная шкала, основанная на пяти генерализованных параметрах устойчивости землепользования, оцениваемых по степени их проявления (табл. 1). Интегральная оценка и визуализация результатов проводилась с помощью лепестковых диаграмм (рис. 1).

**Анализ совокупностей практик землепользования.** В рамках отдельной статьи трудно отразить полные результаты проведённого анализа разных практик и моделей, поэтому покажем их на некоторых примерах, демонстрируя влияние индивидуальных и интегральных практик на устойчивость моделей землепользования. Ниже рассмотрены три модели: восстановление и поддержание горных пастбищ (см. рис. 1, а), ирригация на засоленных почвах (см. рис. 1, б), противоэрозион-



**Рис. 1.** Примеры анализа моделей устойчивого землепользования:

*а* – восстановление и поддержание продуктивности горных пастбищ; *б* – орошаемое земледелие на засоленных почвах; *в* – противоэрозионные системы земледелия; ПП, АП, Р, ПЗ, В – см. обозначения в таблице

ные системы земледелия на богарных землях (см. рис. 1, *в*). Диаграммы помогают прийти к следующим заключениям.

Любая практика, описываемая отдельными многоугольниками, всегда отличается лучшими

характеристиками, чем исходное состояние, за которое принимается “business-as-usual” – исходное состояние без применения успешных практик и характеризуемое худшими характеристиками оцениваемых параметров (“1” по принятой шкале). Площадь каждого многоугольника мож-

но считать относительной характеристикой суммарной эффективности соответствующей практики. Каждая практика ориентирована, как правило, на улучшение только определённых параметров модели, например, на снижение интенсивности неблагоприятных антропогенных и природных процессов, предупреждение рисков, повышение адаптационной способности или способности к самовосстановлению; другие параметры могут быть улучшены опосредованно или вообще быть не затронуты конкретной практикой.

Модель УЗП – это совокупность успешных практик, и только их сочетание может приводить к повышению устойчивости модели в целом. В данной системе целостность модели УЗП описывается общей площадью фигуры, включающей внешний периметр всех многоугольников. Острота углов итоговой фигуры может служить признаком разбалансированности совокупности практик, выбранных для конкретного случая.

При стремлении к максимально возможной устойчивости модель УЗП должна иметь в своём составе практики, имеющие максимальные значения по всем параметрам. Это достигается путём добавления в модель практик, направленных на улучшение недостающих параметров. В приведённых примерах намеренно представлены не все практики, соответствующие выбранным моделям, чтобы продемонстрировать синергетический и кумулятивный эффекты усиления. Например, пастбищную модель можно было бы дополнить практикой создания ограждений, которая направлена на укрепление самовосстановления экосистемы и снижение рисков до минимальных значений; ирригационную модель – технологией использования солеустойчивых культур, отличающаяся не только снижением рисков, но и повышением потенциала восстановления, снижением негативного воздействия природных процессов; противоэрозионную модель – террасированием склонов, снижающим риски, негативные следствия антропогенных процессов и повышающие потенциал системы.

Несмотря на то, что некоторые практики не отражают улучшение в максимальной степени по каким-либо из выбранных параметров, они тем не менее усиливают общий вес устойчивости соответствующей модели УЗП, её интегральную или синергетическую эффективность. К таким, в частности, относятся многие практики, направленные на совершенствование или восстановление и поддержание инфраструктуры (дороги, коммуникации, другие фундаментальные сооружения и инженерные мероприятия).

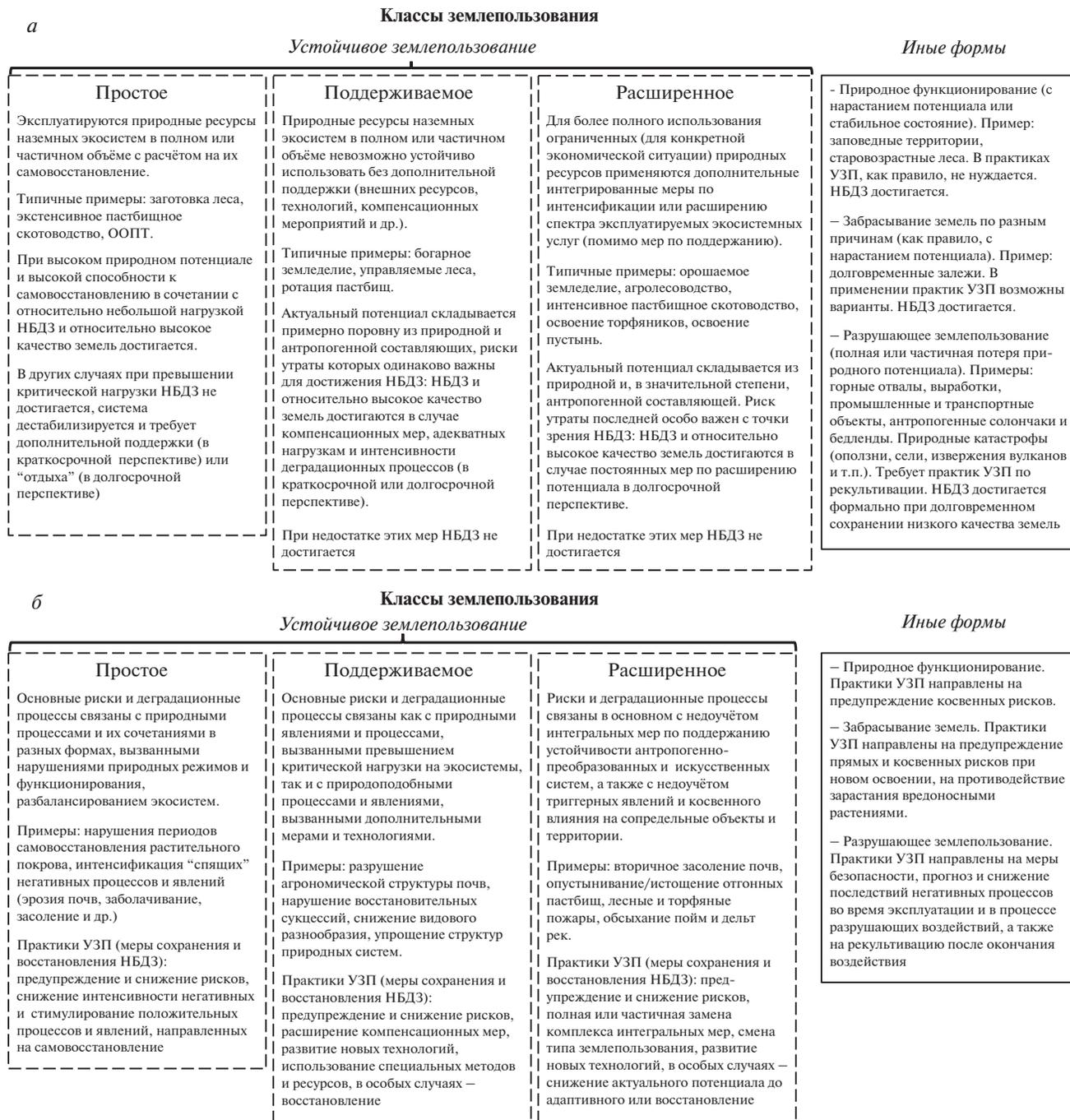
Пентаграммы моделей устойчивого землепользования представлены схематично для отражения принципа исследования, хотя очевидно,

что параметры модели могут быть расширены до исходных девяти признаков и более (например, включать параметры социально-экономической эффективности), качественные шкалы также могут быть модифицированы (например, включать больше пяти рангов предложенной номинативной шкалы, отражать численные значения и т.д.).

Предложенный подход моделирования и визуализации УЗП позволяет по-новому охарактеризовать практики, приёмы и технологии с позиции их успешности или устойчивости: каждая практика рассматривается в составе определённой модели УЗП и направлена на улучшение её параметров/признаков. При этом определение устойчивости модели землепользования производится на основе комплексного анализа практик, оцениваемых в границах какой-либо территории по количественным и качественным шкалам. Важны также выявление “узких мест” в землепользовании и обоснование внедрения необходимого набора практик (технологий), направленных на реализацию параметров устойчивости (снижение рисков, интенсивности негативных процессов, компенсационные мероприятия, поддержка самовосстановления).

**Взаимосвязь НБДЗ и УЗП. Совершенствование типологии моделей землепользования.** Как отмечалось выше, современное развитие концепции УЗП неразрывно связано с применением подходов НБДЗ. Однако проверка рабочей гипотезы о том, что любая практика устойчивого землепользования или их совокупность приводят к достижению нейтрального баланса и что факт установления баланса свидетельствует об устойчивости землепользования, показала: этот, на первый взгляд, очевидный тезис не всегда соблюдается, и его нельзя рассматривать как аксиому [20]. Основная причина расхождения видится в первую очередь в том, что установление нейтрального баланса деградации земель проводится без семантического анализа баланса экосистемных функций и услуг, а лишь на основании формальных признаков. В качестве последних обычно выступают признаки негативной динамики наземного покрова, продуктивности и запасов почвенного органического углерода (глобальные индикаторы НБДЗ) или их аналоги и дополнительные индикаторы национального и местного уровня [6, 20, 21, 26]. Приведённые примеры моделей землепользования наглядно демонстрируют, что на устойчивость землепользования также оказывают значительное влияние смысловые признаки: риск деградации, природный и актуальный потенциал земель, способность их к восстановлению, природные процессы и явления.

Обобщение результатов анализа разнообразных моделей землепользования позволило усовершенствовать предложенную нами типоло-



**Рис. 2.** Классы землепользования:

*а* – эксплуатируемые ресурсы, потенциал, способность к восстановлению, возможности достижения НБДЗ в перспективе; *б* – риски, деградационные процессы, набор практик УЗП

гию [20]. В обновлённой версии (рис. 2) сохранены (с небольшими изменениями) три основных класса УЗП – простое, поддерживаемое, расширенное. Каждый из них рассмотрен с позиций эксплуатируемых ресурсов, потенциала (природного и актуального), способности к восстановлению, возможности достижения НБДЗ в кратко-

срочной или долгосрочной перспективе (см. рис. 2, *а*), рисков, деградационных процессов, набора практик УЗП (см. рис. 2, *б*). Особое внимание уделено классу “иные формы” (отнесение которого к УЗП спорно), включающему природное функционирование, долговременное забрасывание земель, разрушающее землепользование, ве-



**Рис. 3.** Типы УЗП. Принципиальная схема (на примере модели УЗП по пастбищному животноводству) формирования интегрального набора успешных практик в зависимости от исходного состояния (базовой линии) и иерархии компенсационных мероприятий

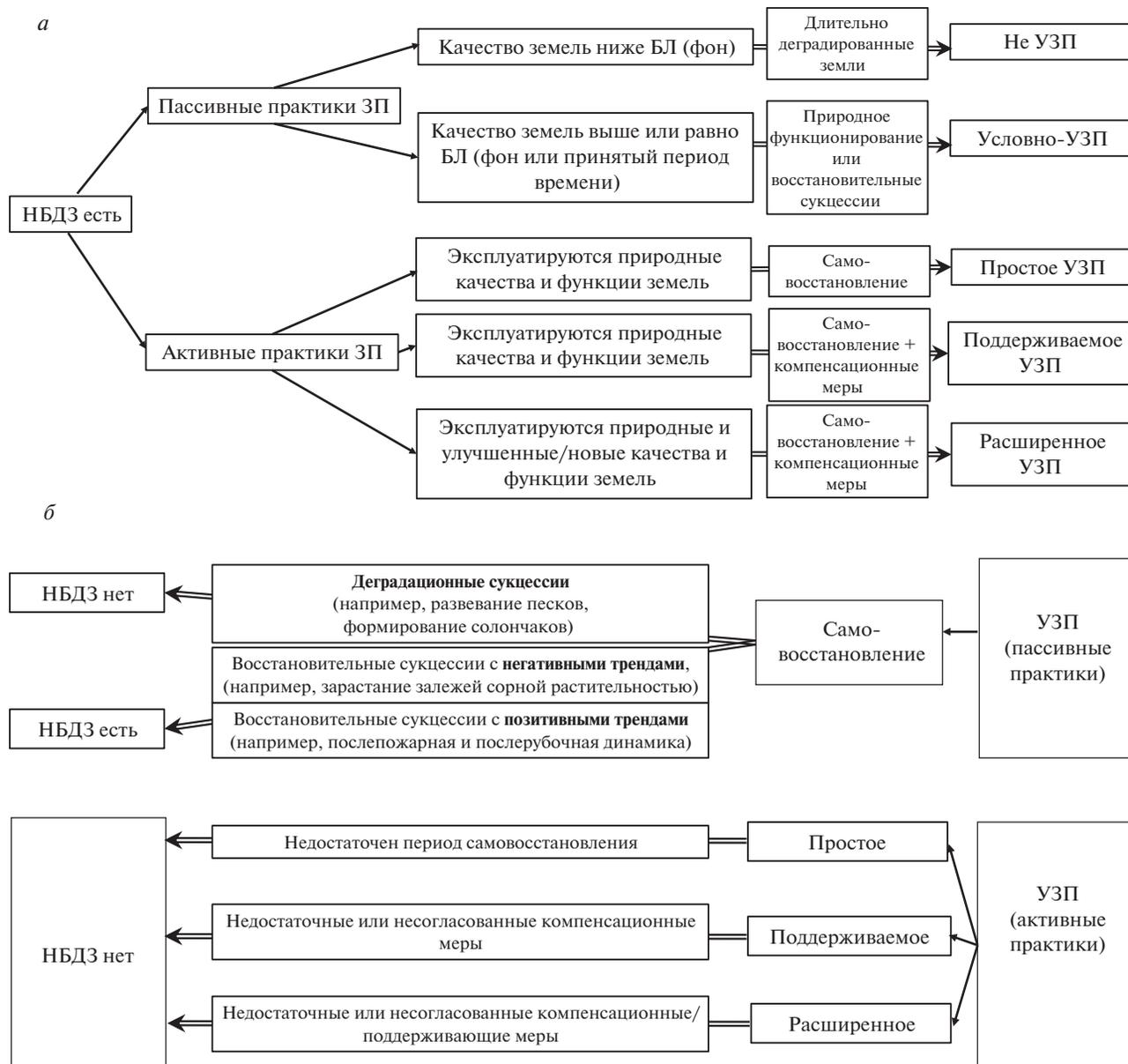
Стрелками указано направление изменения риска деградации: светлый цвет соответствует низкому риску, интенсивный цвет – высокому риску

дущее к полной или частичной потере природного потенциала.

В контексте этой типологии и рассмотренной выше методологии анализа моделей УЗП можно сделать вывод, что отдельные практики не всегда могут быть отнесены к устойчивым, особенно в случаях, когда необходимы активные действия по реабилитации или поддержанию актуального (расширенного) потенциала земель, либо практики плохо согласованы между собой и направлены на разные цели (например, получение экономических или экологических выгод). Это ещё раз подтверждает, что применение термина “устойчивое землепользование” (или “практика УЗП”) в отношении конкретных практик или технологий не имеет смысла, поскольку он касается только моделей землепользования. Такие модели включают в себя набор элементов (практик, тех-

нологий), в отношении которых правильнее говорить “успешные” или “лучшие”.

По сравнению с информацией в статье [20] принцип выделения типов для моделей УЗП (в пределах соответствующих классов) также сохранён – по ведущим признакам наблюдаемого природного или актуального потенциала, однако при этом обновлённая типология представляется более строгой и обоснованной. Предлагается оценивать потенциал земель, используя сравнение с исходным состоянием (базовой линией НБДЗ) и, руководствуясь этим, подбирать набор успешных практик для конкретного типа модели УЗП. В данном случае предложенный подход полностью соответствует концепции нейтрального баланса деградации земель в отношении требований к “базовой линии” [6, 27]. Пример такой типологии для пастбищной модели устойчивого землепользования приведён на рисунке 3. Видно,



**Рис. 4.** Связь устойчивого землепользования и нейтрального баланса деградации земель: *а* – алгоритм распознавания УЗП в случае установления НБДЗ; *б* – обратный алгоритм возможности установления НБДЗ при разных моделях УЗП

что типу УЗП с высоким природным потенциалом соответствуют низкий риск деградации и минимальный набор мер, необходимых для достижения нейтрального баланса. Напротив, для типа УЗП с низким природным потенциалом требуется расширенный набор действий по достижению НБДЗ и снижению рисков деградации земель.

Уточнённая типология моделей УЗП позволила конкретизировать случаи, когда достижение НБДЗ следует рассматривать как признак УЗП (см. рис. 4, *а*) и в каких случаях набор успешных практик приведёт к достижению НБДЗ (см. рис. 4, *б*). С этой целью в алгоритмы вводятся дополнитель-

ные понятия “активных” и “пассивных” практик землепользования. В качестве пассивных мы рассматриваем фактическое отсутствие каких-либо специальных действий, направленных на поддержание природных или антропогенных экосистем. В некоторых случаях (например, отнесённые нами к “иным формам” заповедные территории или залежные земли) такие ситуации также могут рассматриваться как способ землепользования, даже иногда направленный на восстановление или не ухудшение земель. Однако их отличительной особенностью является отсутствие (или прекращение) непосредственного антропогенного вмеша-

тельства на данный момент времени. Активные же практики в любом случае предполагают какую-либо форму внешнего воздействия или изменения экосистем. Из рисунка 4, а видно, что в случае установления нейтрального баланса деградации земель по формальным признакам (индикаторам) только активные практики землепользования в сочетании с самовосстановлением и достаточными компенсационными и поддерживающими мерами могут быть охарактеризованы как модели устойчивого землепользования.

К условно устойчивым отнесены модели, при которых даже в случае пассивных практик природные процессы способствуют достижению НБДЗ по формальным индикаторам (старовозрастные леса, долговременные залежи). Рисунок 4, б демонстрирует, что, несмотря на определённый набор успешных активных практик, НБДЗ не может быть достигнут, если компенсационные меры недостаточны или не согласованы, или эти практики не учитывают необходимой длительности периода самовосстановления природных систем. Наоборот, в некоторых пассивных практиках достижение НБДЗ вполне возможно, причём как при трендах, воспринимаемых человеком в качестве позитивных, так и в случае негативных процессов.

Предложенные алгоритмы соответствия НБДЗ и УЗП хорошо подтверждаются новейшими работами [28, 29], в которых показано, что динамика деградации земель во многом обусловлена природными или природно-антропогенными факторами и процессами (например, климатический фактор [29], голоценовая динамика ландшафтов [28], изменение гидрологии и гидрогеологии при развитии ирригационных систем [30]), имеющими более высокий преобразующий потенциал, чем отдельные практики землепользования. Последние же выступают в роли триггеров этих процессов, изменяя их направление в положительную или отрицательную сторону, и определяют интенсивность и тип процессов и режимов, устанавливаемых с помощью глобальных или дополнительных индикаторов [31] (эрозия почв, засоление и рассоление, уплотнение и оструктурирование почв, накопление или потеря органического вещества). Соответственно, помимо оценки возможности и степени достижения НБДЗ по формальным индикаторам важна и оценка рисков недостижения нейтрального баланса деградации земель (см. рис. 2, а; 3; 4, б). Риски недостижения НБДЗ могут проявляться как раз на фоне широкого применения успешных практик и моделей землепользования, что представляется отдельной перспективной темой для исследования.

Таким образом, подтвердился ранее высказанный нами тезис о том, что не всегда нейтральный баланс деградации земель и устойчивое земле-

пользование находятся в прямом соответствии, следовательно, необходимо рассматривать каждый конкретный случай. В этом помогут разработанная типология моделей УЗП и предложенные алгоритмы распознавания.

**Ландшафтно-экологический каркас УЗП.** Практическое применение алгоритмов сопоставительного анализа УЗП и НБДЗ на основе разработанной типологии моделей УЗП позволили вновь обратить внимание на то, что для установления нейтрального баланса важную роль играет масштаб рассмотрения проблемы [32, 33]. Так, отдельные административные районы, области и страны могут считаться достигшими баланса, хотя на уровне входящих в них хозяйств, ландшафтов и местностей его может не быть, причём даже в пределах потенциально устойчивых объектов, например, биосферных резерватов.

Осмысление причин этого явления с учётом предложенной типологии устойчивого землепользования, а также географический анализ распространения его практик в совокупности с особенностями современной системы хозяйствования в России позволили выдвинуть гипотезу о том, что возможность достижения НБДЗ на определённой территории обусловлена не столько сплошным покрытием этой территории успешными практиками устойчивого землепользования, сколько сохранением экологического каркаса моделей, типов и классов УЗП. Такой каркас включает два типа основных элементов: участки, в которых баланс достигнут (мы называем их “ядрами”), и пространственно распределённую структуру моделей УЗП, где баланс может быть достигнут посредством подбора совокупности соответствующих практик и технологий землепользования. Этот каркас (при условии сохранения соответствующей структуры и заданного количества ядер), по всей видимости, должен позволять при минимальных затратах поддерживать на территории устойчивость землепользования и его конкретных моделей, отличающихся высоким природным потенциалом или эффективными технологиями землепользования. К таковым, например, относятся массивы пахотных земель, на которых применяются адаптивно-ландшафтные и почвосберегающие технологии, сеть защитных лесополос, гидрологические сети бассейнов рек с их поймами и долинами, особо охраняемые природные территории и экологические коридоры между ними.

Представляется, что для более корректного прогнозирования устойчивости землепользования и достижения нейтрального баланса деградации земель на конкретных территориях эту гипотезу следует развивать в направлениях, которые вытекают из разработанной типологии УЗП и ал-

горитмов идентификации моделей УЗП с помощью подходов НБДЗ:

- обоснование границ ландшафтно-экологических каркасов УЗП для территорий со сходными природными условиями (например, в границах водосборных бассейнов, почвенных округов и районов) и/или типами хозяйственно-экономической деятельности (пахотное земледелие, пастбищные угодья);

- рассмотрение ядер ландшафтно-экологических каркасов УЗП как основных территориальных элементов, в пределах которых реализована цель достижения НБДЗ и которые могут служить местными образцами (точками тяготения) для долговременного поддержания и расширения природного потенциала территории;

- анализ роли ландшафтно-экологических каркасов УЗП в снижении рисков деградации земель и получении сопутствующих выгод (в англоязычной литературе “multiple benefits”), в частности, в области сохранения биологического разнообразия, смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним, снижения социальной и экономической уязвимости;

- исследование неоднородности каркасов в связи с дифференциацией моделей и ядер УЗП по неравномерности пространственного и временного эффекта их применения: например, обводнение ранее осушенных торфяников в Белоруссии и российском Нечерноземье (водные мелиорации) имеет существенный пространственный эффект; другие, например, почвосберегающие технологии прямого посева no-till, имеют долгосрочный накопительный эффект, связанный с восстановлением природоподобных почв; третьи обладают и накопительным, и пространственным эффектом, в том числе на сопредельные и даже отдалённые территории (создание системы лесополос на отдельных сельскохозяйственных массивах или обширных территориях);

- исследование неоднородности каркасов в контексте составляющих его моделей УЗП, поскольку каркас может быть представлен однородными или разными классами моделей устойчивого землепользования (простыми, поддерживаемыми, расширенными и пр.); понимание этого необходимо для определения путей достижения нейтрального баланса в пределах конкретного каркаса;

- оценка устойчивости однородных и неоднородных каркасов: если в условиях отдельных хозяйств для поддержания УЗП достаточно отслеживать устойчивость конкретных моделей, то для неоднородных объектов именно ландшафтно-экологический каркас требует мониторинга, а не отдельные кластеры НБДЗ и модели УЗП, а тем более — отдельные успешные практики; такой подход определяется динамичностью систем зем-

лепользования, их подверженностью внешним факторам (мелиорация, освоение, изменения климата), взаимодействием её элементов, характеризующихся сменой рисков и процессов (в случае таких изменений предлагаемые подходы предполагают корректировку набора практик, включая иерархию мер по поддержанию, смягчению, восстановлению, а в особых случаях — по пересмотру моделей УЗП, реализуемых в проблемных кластерах);

- динамика становления каркасов, характерное время для реализации адаптационных мероприятий и технологий;

- разработка подходов к оценке влияния социально-экономических факторов на эффективность практик землепользования.

\*\*\*

Активное развитие концепции устойчивого землепользования в последние годы неразрывно связано с применением подходов нейтрального баланса деградации земель. В науке и практике землепользования принято считать, что технологии и практики УЗП позволяют смягчать неблагоприятные последствия нерационального использования земель и достигать нейтрального баланса деградации земель. Однако, как показывают результаты исследований, положительные эффекты наблюдаются не всегда. Для понимания причин этих расхождений проведён анализ успешных практик землепользования, описанных в специализированных международных базах обмена информацией по параметрам УЗП, и продемонстрированы способы описания моделей УЗП с помощью средств визуализации.

Подтверждены ранее опубликованные [21] подходы к типологии объектов землепользования: основная терминология, перспективность семантического описания устойчивости (неустойчивости) через совокупность признаков, иерархия способов землепользования с выделением категорий “практика”, “модель”, “тип”, “класс”. Предложена качественная шкала оценки степени проявления признаков устойчивого землепользования, и на её основе проведена оценка совокупностей практик землепользования для трёх выбранных моделей УЗП: восстановление и поддержание горных пастбищ, ирригация на засоленных почвах, противоэрозионные системы земледелия на богарных землях.

Моделирование УЗП с использованием предложенного метода продемонстрировало высокую эффективность при визуализации моделей и их корректировки для достижения наилучшего результата и целостности подходов УЗП в отношении конкретных моделей. Приведённые примеры визуализированных моделей устойчивого земле-

пользования наглядно демонстрируют причины возможного несоответствия при достижении целей НБДЗ и практик УЗП. Выявлено, что на устойчивость землепользования, помимо достижения нейтрального баланса деградации земель с помощью определённых технологий, оказывают влияние такие параметры, как риск деградации, природный и актуальный потенциал земель, способность их к восстановлению, природные процессы и явления.

Предложена усовершенствованная типология классов землепользования: простое, поддерживаемое, расширенное. Составлена принципиальная схема выделения типов устойчивого землепользования, основанная на иерархии мер и оценке исходного состояния (базовой линии) нейтрального баланса деградации земель. Отнесение практики к тому или иному типу позволяет выдвигать предложения по адекватному набору успешных мер для улучшения модели УЗП и достижения НБДЗ.

Разработана схема-алгоритм распознавания УЗП в случае установления НБДЗ, а также обратный алгоритм возможности достижения НБДЗ при разных моделях УЗП. Акцент сделан на необходимость оценки рисков недостижения баланса. Выдвинута гипотеза о ландшафтно-экологическом каркасе УЗП, позволяющая объяснить причины расхождения оценок НБДЗ для объектов разного масштабного уровня. Установлено, что достижение нейтрального баланса деградации земель на определённой территории обусловлено в большей степени сохранением каркаса моделей, типов и классов землепользования. Предложены перспективные направления дальнейшего развития этой гипотезы, касающиеся определения размеров ландшафтно-экологических каркасов, их состава, динамики, применимости для разных объектов, мониторинга их состояния.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН FMWS-2022-0001.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Smyth A.J., Dumanski J.* FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management // World Soil Resources Report. 1993. № 73. <https://www.faoswalim.org/resources/Land/FESLM.pdf>
2. *Dumanski J.* Criteria and indicators for land quality and sustainable land management // ITC Journal. 1997. № 3/4. P. 216–222.
3. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development // Resolution adopted by the General Assembly. 2015. [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E)
4. *Fernandes E., Burcroff R., Anderson J. et al.* Sustainable land management. Challenges, opportunities, and trade-offs // The World Bank. Washington, 2006. <http://documents.worldbank.org/curated/en/973741468135939915/Sustainable-land-management-challenges-opportunities-and-trade-offs>
5. *Akhtar-Schuster M., Stringer L.C., Erlewein A. et al.* Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio Conventions // J. Environ. Manage. 2017. V. 195. P. 4–15.
6. *Orr B.J., Cowie A.L., Castillo Sanchez V.M. et al.* Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality // A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, 2017.
7. *Sanz M.J., Vente J. de, Chotte J.-L. et al.* Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation // A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, 2017.
8. Глобальное почвенное партнёрство. Пленарная ассамблея, 6 сессия. Рим, 11–13 июня 2018 г. [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/GSP/sixth\\_plenary/RUSSIAN/GSPPA\\_VI\\_2018\\_3\\_r.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/sixth_plenary/RUSSIAN/GSPPA_VI_2018_3_r.pdf)
9. *Liniger H.P., Studer R.M., Hauert C., Gurtner M.* Sustainable Land Management in Practice // Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. 2011. <https://www.fao.org/3/i1861e/i1861e00.pdf>
10. State of Europe's Forests 2020 // Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. [https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF\\_2020.pdf](https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf)
11. Устойчивое производство продовольствия и ведение сельского хозяйства. <https://www.fao.org/sustainability/background/ru/>
12. *Chotte J.L., Aynekulu E., Cowie A. et al.* Realising the Carbon Benefits of Sustainable Land Management Practices: Guidelines for Estimation of Soil Organic Carbon in the Context of Land Degradation Neutrality Planning and Monitoring // A report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, 2019. [https://catalogue.unccd.int/1209\\_UNCCD\\_SPI\\_2019\\_Report\\_1.1.pdf](https://catalogue.unccd.int/1209_UNCCD_SPI_2019_Report_1.1.pdf)
13. *Critchley W., Harari N., Mekdaschi-Studer R.* Restoring Life to the Land: The Role of Sustainable Land Management in Ecosystem Restoration. 2021. [https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2021-10/211018\\_RestoringLifetotheLand\\_Report%20%282%29.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2021-10/211018_RestoringLifetotheLand_Report%20%282%29.pdf)
14. Sustainable Land Management. [https://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd16/documents/fao\\_factsheet/land.pdf](https://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd16/documents/fao_factsheet/land.pdf)
15. *Barbier E.B., Hochard J.P.* Land Degradation, Less Favored Lands and the Rural Poor: A Spatial and Economic Analysis // A Report for the Economics of Land Degradation Initiative. ELD\_assessment\_2015\_web.pdf (eld-initiative.org)
16. *Liniger H., Mekdaschi R., Moll P., Zander U.* Making sense of research for sustainable land management.

- [https://www.ufz.de/export/data/2/126685\\_full\\_version\\_WOCAT\\_Glues.pdf](https://www.ufz.de/export/data/2/126685_full_version_WOCAT_Glues.pdf)
17. Reichhuber A., Gerber N., Mirzabaev A. et al. The Land-Drought Nexus: Enhancing the Role of Land-Based Interventions in Drought Mitigation and Risk Management // A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany, 2019. [https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2019-08/03EP\\_UNCCD\\_SPI\\_2019\\_Report\\_2.pdf](https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2019-08/03EP_UNCCD_SPI_2019_Report_2.pdf)
  18. UNCCD 2015. Integration of the Sustainable Development Goals and targets into the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification and the report of the Intergovernmental Working Group on Land Degradation Neutrality. [https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD\\_COP12\\_4/4eng.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD_COP12_4/4eng.pdf)
  19. Kust G., Andreeva O., Cowie A. Land Degradation Neutrality: Concept development, practical applications and assessment // J. Environ. Manage. 2017. V. 195. P. 16–24.
  20. Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The Concept of Sustainable Land Management: Modern State, Models and Typology Development // Arid Ecosyst. 2021. V. 11. P. 1–10.
  21. Andreeva O.V., Kust G.S. Оценка состояния земель в России на основе концепции нейтрального баланса их деградации // Известия РАН. Серия географическая. 2020. № 5. С. 737–749.
  22. Национальный доклад “Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)” / Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Т. 2. М.: МБА, 2019.
  23. WOCAT. Global Database on Sustainable Land Management. 2022. <https://www.wocat.net/en/global-slm-database>
  24. Агроэкомиссия. База знаний по лучшим ресурсосберегающим технологиям земледелия. 2022. <https://agriecomission.com/>
  25. Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А., Костовская С.К. Методические подходы к разработке типологии моделей устойчивого землепользования // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 34–40.
  26. Trends earth. Tracking the change. Conservation International. 2022. <https://trends.earth/docs/en/>
  27. Лобковский В.А., Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковская Л.Г. Пути выбора индикаторов для оценки нейтрального баланса деградации земель с учётом локальных и региональных особенностей России // Экология урбанизированных территорий. 2020. № 3. С. 75–82.
  28. Андреева О.В., Куст Г.С. Учёт разнонаправленных трендов ландшафтной динамики в голоцене для современной оценки нейтрального баланса деградации земель // V Всероссийская конференция “Динамика экосистем в Голоцене”. 11–15 ноября 2019 г. С. 24–26.
  29. Золотокрылин А.Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 1. С. 3–13.
  30. Зайдельман Ф.Р. Деградация мелиорируемых почв России и сопредельных стран в результате антропогенного изменения их водного режима и способы защиты. Воронеж: Кварта, 2014.
  31. Лобковский В.А., Андреева О.В., Куст Г.С. Интеграция международной и национальной систем мониторинга и оценки деградации земель в России // Известия РАН. Серия географическая. 2022. № 1. С. 1–18.
  32. Куст Г.С., Лобковский В.А., Андреева О.В., Костовская С.К. Деградация земель и опустынивание в России: новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения. М.: Перо, 2019.
  33. Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А., Славко В.Д. Проблемы землепользования и деградации земель в контексте Программы ЮНЕСКО “Человек и биосфера” // Вопросы географии. 2021. Т. 152. С. 222–252.