

Оригинальная статья / Original article

УДК 911(332.33)

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-109-118

Оценка ландшафтно-экологической устойчивости земледельческих регионов Урала и Западной Сибири

Александр А. Чибилёв (мл.), Юрий А. Гулянов, Дмитрий С. Мелешкин, Дмитрий В. Григорьевский

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Александр А. Чибилёв (мл.), кандидат экономических наук, заведующий отделом социально-экономической географии Института степи Уральского отделения РАН; 460000 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская 11. Тел. +79058191646; +7(3532)774432
Email economgeo-is@mail.ru; orensteppe@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1109-6231>

Формат цитирования

Чибилёв А.А.(мл.), Гулянов Ю.А., Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Оценка ландшафтно-экологической устойчивости земледельческих регионов Урала и Западной Сибири // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 1. С. 109-118. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-109-118

Получена 17 ноября 2021 г.

Прошла рецензирование 22 декабря 2021 г.

Принята 27 декабря 2021 г.

Резюме

Цель. Оценка и картографический анализ ландшафтно-экологической устойчивости земледельческих регионов Урала и Западной Сибири на примере 8 степных регионов-субъектов Азиатской России.

Материалы и методы. Оценка ландшафтно-экологической устойчивости методом расчета коэффициента экологической стабильности ландшафта на основе сопряжённого анализа 13 показателей, сгруппированных в 2 блока – стабильных и нестабильных элементов ландшафта. Мониторинг состояния земледельческих угодий с использованием нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) посевов на основе данных ДЗЗ.

Результаты. Определены индивидуальные территориальные особенности и межрегиональные связи по отдельным элементам ландшафта. Построена картосхема, отображающая состояние экологической стабильности, выявлено её возрастание в восточном направлении.

Заключение. Ярko выраженной экологической стабильностью отличается Тюменская область. В Новосибирской области стабильность выражена хорошо. В большинстве других регионов отмечается условно стабильное состояние, а Оренбургская область характеризуется нестабильным состоянием ландшафтов. Самой высокой неустойчивостью среди нестабильных элементов ландшафта характеризуется пашня. Коэффициент экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ) сильно связан с её долей в общей площади региона. В 74% случаев он возрастает при снижении площади пашни. Выведение из обработки неустойчивых и деградировавших угодий при интенсификации земледелия на высокоплодородных участках, перевод в кормовые угодья (в том числе ООПТ), способствующие увеличению доли стабильных элементов ландшафтов, можно рассматривать в качестве основного направления повышения их устойчивости и сохранения биологического разнообразия.

Ключевые слова

Ландшафтно-экологическая устойчивость, коэффициент экологической стабильности, земледельческие регионы Урала и Западной Сибири, степные регионы Азиатской части России.

An assessment of landscape-ecological stability in agricultural regions of Ural and West Siberia

Alexander A. Chibilyov (jr.), Yuriy A. Gulyanov, Dmitriy S. Meleshkin and Dmitriy V. Grigorevsky

Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg

Principal contact

Alexander A. Chibilyov (Jr), Candidate of Economy Sciences and Head, Department of Socio-Economic Geography, Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionreskaya St, Orenburg, Russia 460000.

Тел. +79058191646; +7(3532)774432

Email economgeo-is@mail.ru;

orensteppe@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1109-623>

How to cite this article

Chibilyov A.A. (jr.), Gulyanov Yu.A., Meleshkin D.S., Grigorevsky D.V. An assessment of landscape-ecological stability in agricultural regions of Ural and West Siberia. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 1, pp. 109-118. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-109-118

Received 17 November 2021

Revised 22 December 2021

Accepted 27 December 2021

Abstract

Aim. An assessment and cartographical analysis of landscape-ecological stability in agricultural regions of Ural and West Siberia, subjects of Asian Russia, using eight steppe areas as an example.

Material and Methods. An assessment of landscape-ecological stability through calculating the coefficient of the ecological stability of a landscape on the base of the conjugate analysis of 13 indicators grouped into two blocks – stable and unstable landscape components. Monitoring of the state of an agricultural area using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of crops on the base of Earth remote sensing.

Results. Specific territorial features and inter-regional relations were determined according to separate landscape components. A schematic map reflecting the state of ecological stability was formulated; it was shown that this rises the more easterly the location.

Conclusion. The Tyumen region is distinguished by clearly expressed ecological stability, which is also well expressed in the Novosibirsk region. Most other regions are characterized by a conditionally stable state. The Orenburg region's landscapes are in an unstable state. Arable lands are characterized by the most instability among unstable components of a landscape. The coefficient of landscape ecological stability (CESL) is tightly connected with the proportion of tillage in a region's total area. It rises with the reduction of a tillage area in 74% of cases studied. Withdrawal from cultivation of unstable and degraded lands during the intensification of agriculture in highly fertile areas and transfer to fodder lands (including protected areas), which contribute to an increase in the proportion of stable landscape elements, can be considered as the main direction for increasing their stability and preserving biological diversity.

Key Words

Landscape-ecological stability, coefficient of ecological stability, agricultural regions of Ural and West Siberia, steppe regions of the Asian part of Russia.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, ресурсный кризис XXI связан с истощением ресурсов биосферы Земли, выражающемся в истреблении лесов, сокращении запасов питьевой воды, деградации пахотных угодий, обострении рисков для сохранения биологического разнообразия и экологической стабильности [1].

Деградационные процессы в России наиболее отчётливо проявляются в степной и лесостепной зонах, ставшие следствием многолетних экстенсивных систем землепользования, носивших в основном почвозатратный и антиландшафтный характер [2]. Экстенсивная сущность практикуемого землепользования заключалась в вовлечении в хозяйственный оборот земельных угодий со слабой устойчивостью к деградационным проявлениям и грубом попрании оптимального соотношения различных видов ландшафта, определяющем его устойчивость, особенно при земледельческом использовании. И в настоящее время земледельческие регионы России продолжают испытывать нарастающее негативное воздействие со стороны хозяйственной деятельности человека. Оно, как и прежде, выражается в загрязнении окружающей среды, изъятии невосполнимых природных ресурсов, деградации почвы, сокращении видового разнообразия и нарушении природных взаимосвязей.

В этой связи экологизация использования земель и оптимизация ландшафтов с целью повышения их устойчивости относятся к числу главных задач современного землепользования, как на региональных уровнях, так и в целом по стране [3].

Следует признать, что методические подходы к разработке систем оценки устойчивости для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов активно разрабатываются как отечественными [4-7], так и зарубежными специалистами [8-11]. Есть достаточно широко апробированные наработки, практическое использование которых позволяет проводить объективную ландшафтно-экологическую оценку [12].

Основная цель настоящих исследований заключалась в пространственной оценке ландшафтно-экологической устойчивости земледельческих

регионов Урала и Западной Сибири, как модельных регионов степной и лесостепной зон России. Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- выявить показатели, характеризующие уровень ландшафтно-экологической устойчивости, сформировать базу их абсолютных значений;
- провести картографический анализ ландшафтно-экологической устойчивости в разрезе отдельных регионов, выявить территориальные различия характеризующих её показателей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований выступали восемь степных регионов Урала и Западной Сибири, субъектов Азиатской России – Республика Башкортостан, Оренбургская, Челябинская, Курганская, Тюменская, Омская, Новосибирская области и Алтайский край. Оценка их ландшафтно-экологической устойчивости проводилась посредством коэффициента экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ), объединяющего качественные и количественные параметры биотических и абиотических элементов природно-территориального комплекса. В основу его определения были положены наработки Клементовой Е.Н., Гейнига В [4], Баранова В.А. [5], Кочурова Б.И. [6], Ключина П.В., Шорманова А.Х. [7], посвящённые методическому обоснованию подходов к разработке экологически сбалансированных ландшафтов и базирующиеся на сопоставлении площадей, занятых стабильными и нестабильными элементами ландшафта.

Расчёт КЭСЛ производили по формуле:

$$КЭСЛ = \frac{\sum F_{ст}}{\sum F_{нст}}, \quad (1)$$

где $F_{ст}$ – площади, занятые стабильными элементами ландшафта, $F_{нст}$ – площади, занятые нестабильными элементами ландшафта.

К стабильным элементам ландшафта относили сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, лесные земли, лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, земли под водой, залежь и болота, а к нестабильным – пашню, земли застройки, нарушенные земли, земли под дорогами и прочие земли (полигоны отходов, свалки, овраги). Оценка коэффициента экологической стабильности проводили по шкале, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Шкала оценки коэффициента экологической стабильности ландшафта [12]

Table 1. A rating scale of the coefficient of landscape ecological stability [12]

Коэффициент экологической стабильности Coefficient of landscape ecological stability	Характеристика экологической стабильности ландшафта Description of landscape ecological stability
≤0,5	Нестабильность выражена хорошо Instability well expressed
0,5-1,0	Состояние нестабильно Unstable state
1,0-3,0	Состояние условно стабильное Conditionally stable state
3,0-4,5	Стабильность выражена хорошо Stability well expressed
≥4,5	Стабильность ярко выражена Stability very well expressed

При определении площадей отдельных видов ландшафта в качестве исходных данных (табл. 2) использовали размещённые в свободном доступе сведения Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [13].

Мониторинг состояния земледельческих угодий проводили с использованием нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) посевов. Его определяли на базе общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel, имеющих пространственное разрешение 15-30 м/пиксел, размещённых на on-line ресурсах OneSoil.ai и Sentinel-hub.com. Полученные данные наносились на картографическую основу в программном комплексе Next GIS с последующей обработкой в Arc Map.

Корреляционный и регрессионный анализ аналитических данных [14] проводили в *Microsoft Office Excel*.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ исходных показателей для расчёта коэффициента экологической стабильности ландшафтов выявил территориальные различия характеризующих её показателей. Установлено, что среди исследуемых регионов наибольшей площадью стабильных элементов ландшафта, составляющей 90,3-76,1-69,0% от площади региона (16,0-17,8-14,3 млн га) характеризуются Тюменская, Новосибирская области и Республика Башкортостан. Этому способствуют значительные площади лесных земель, включая земли, занятые лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд. В совокупности на их долю приходится 50,1-37,5-60,8% площадей, занятых стабильными элементами ландшафта.

В Тюменской, Новосибирской и Омской областях значительные территории находятся под болотами, занимающими 31,8-22,6-21,0% совокупной площади стабильных элементов ландшафта и 28,7-17,2-14,4% общей площади регионов. В Оренбургской, Новосибирской областях, Алтайском крае и Республике Башкортостан сосредоточены наибольшие площади пастбищ. В дополнение к этому Новосибирская область, Алтайский край и Республика Башкортостан располагают самыми большими сенокосными угодьями, площадь которых составляет 16,2-13,1-13,0% от общей площади, занятой стабильными элементами ландшафта.

Площади залежных земель в анализируемых регионах значительно меньше площадей, занятых перечисленными выше элементами ландшафта и колеблются на уровне 0,6 (Новосибирская область) – 10,1% (Курганская область) от суммарной площади стабильных элементов. Статистические данные о площадях залежей в Республике Башкортостан и Оренбургской области в сведениях Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии не приведены, хотя результаты экспедиционных исследований 2020-2021 гг. свидетельствуют об их наличии в указанных регионах

и активной распашке на южных рубежах Оренбургской области.

Наибольшие площади нестабильных элементов ландшафта сосредоточены в Алтайском крае и Оренбургской области, составляющие 44,0-54,3% общей площади региона. В Новосибирской, Омской области и Республике Башкортостан их площади ниже, примерно равны между собой (4,2-4,5 млн га) и составляют 23,8-31,7% от общей площади. Больше всего застроенных земель в Оренбургской области – 160,8 тыс. га или 2,5% от общей площади нестабильных ландшафтов. Высока доля застроенных земель также в Челябинской области (138 тыс. га или 4,0%) и Республике Башкортостан (133,6 тыс. га или 3,2%), а самая низкая доля застроенных земель наблюдается в Курганской (1,9%), Тюменской (5,1%) и Омской областях (2,1%). Наибольшей площадью нарушенных земель характеризуются Челябинская, Оренбургская области и Республика Башкортостан (13,1-32,3 тыс. га). В остальных регионах данный показатель не превышает 5 тыс. га, а наименьшая площадь нарушенных земель отмечена в Курганской области – 1,1 тыс. га или 1,9% от всей площади нестабильных ландшафтов. Существенные площади под дорогами заняты в Республике Башкортостан – 124,7 тыс. га (6,3% от всех нестабильных ландшафтов), а меньше всего их в Курганской области.

Наибольшую долю в структуре нестабильных элементов ландшафта во всех анализируемых регионах занимают обрабатываемые земледельческие угодья (пашня) – от 82,5 (Республика Башкортостан) до 92,8% (Омская область). Их площадь в основном и определяет ландшафтно-экологическую устойчивость анализируемых регионов.

Как показали расчёты коэффициента экологической стабильности (КЭСЛ), ярко выраженной стабильностью ландшафтов обладает только Тюменская область, превышающая по приведённому показателю (9,4) другие регионы в 3,01 (Новосибирская область) – 11,75 раза (Оренбургская область) (рис. 1).

В большей степени ландшафты анализируемых регионов характеризуются условно стабильным состоянием (Алтайский край, Челябинская, Курганская, Омская области, Республика Башкортостан). В Новосибирской области стабильность выражена хорошо, а Оренбургская область характеризуется нестабильным состоянием ландшафтов, с самым низким среди анализируемых регионов коэффициентом экологической стабильности (0,8). В целом наблюдается возрастание экологической стабильности в восточном направлении.

Графическая визуализация пространственной диспропорции ландшафтно-экологической устойчивости земледельческих регионов Урала и Западной Сибири в виде картосхемы (рис. 1) достаточно убедительно иллюстрирует полученные результаты.

Таблица 2. Исходные показатели для расчета коэффициента экологической стабильности ландшафтов степных регионов Азиатской части России [13]
Table 2. Initial indicators to calculate the coefficient of landscape ecological stability in the steppe regions of the Asian part of Russia [13]

Субъекты РФ Subjects of the Russian Federation	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	F _{ст}	F _{нст}
Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	1272,4	2346,2	43,6	5797,8	195,6	149,9	н/д* n/d*	50,8	3662,5	133,6	17,2	260,0	365,1	9856,3	4438,4
Оренбургская область Orenburg Region	696,7	3979,2	22,9	618,9	199,4	110,9	н/д* n/d*	15,2	6114,5	160,8	13,1	184,8	253,8	5643,2	6727,0
Курганская область Kurgan Region	559,0	1024,8	12,4	1759,5	37,2	318,7	459,2	383,9	2402,7	49,1	1,1	86,3	54,9	4554,7	2594,1
Челябинская область Chelyabinsk Region	591,1	1351,5	38,3	2707,3	75,2	275,9	55,0	192,7	3058,4	138,0	32,3	145,5	191,7	5287,0	3565,9
Тюменская область Tyumen Region	896,2	754,5	11,9	7114,8	143,2	508,5	427,7	4608,9	1289,1	80,2	4,8	96,2	76,2	14465,7	1546,5
Алтайский край Altai Territory	1235,9	2789,3	27,8	4030,3	206,3	442,6	295,4	374,7	6655,8	132,3	3,6	195,7	410,0	9402,3	7397,4
Новосибирская область Novosibirsk Region	2197,9	2314,3	33,6	4800,1	279,5	766,3	81,0	3059,6	3772,4	102,5	1,7	166,8	199,9	13532,3	4243,3
Омская область Omsk Region	1096,2	1265,6	26,5	4667,7	89,4	289,8	175,9	2026,9	4156,6	93,9	5,0	150,7	69,8	9638,0	4476,0

Примечание: н/д* – нет данных; X₁ – сенокосы, X₂ – пастбища, X₃ – многолетние насаждения, X₄ – лесные земли, X₅ – лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, X₆ – земли под водой, X₇ – залежь, X₈ – болота, X₉ – пашня, X₁₀ – земли застройки, X₁₁ – нарушенные земли, X₁₂ – земли под дорогами, X₁₃ – прочие земли
Note: n/d* – no data available; X₁ – hayfields, X₂ – pastures, X₃ – perennial planting, X₄ – forest lands, X₅ – forest plantations not included in the forest fund, X₆ – lands under water, X₇ – fallow lands, X₈ – marshes, X₉ – arable lands, X₁₀ – building space, X₁₁ – disturbed soils, X₁₂ – territories under roads, X₁₃ – other lands

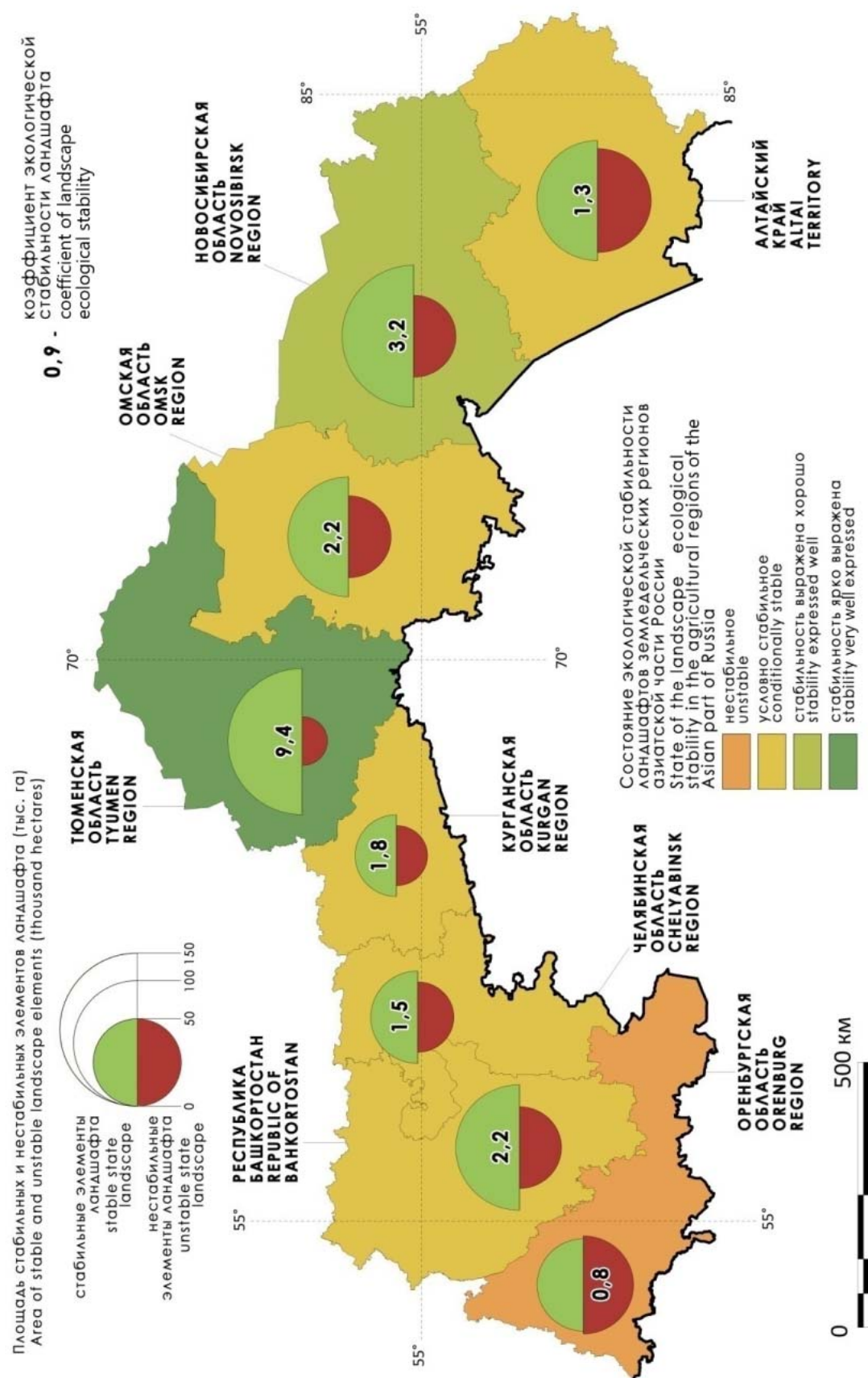


Рисунок 1. Картограмма состояния экологической стабильности ландшафтов земледельческих регионов Урала и Западной Сибири
Figure 1. Schematic map of the state of landscape ecological stability in the agricultural regions of Ural and West Siberia

Как показали результаты экспедиционных исследований, самой высокой неустойчивостью среди нестабильных элементов ландшафта во всех анализируемых территориях являются обрабатываемые сельскохозяйственные угодья (пашня). Их доля в общей площади регионов изменяется от 8,9

(Тюменская область) до 49,5% (Оренбургская область). Высока их доля также в Челябинской, Курганской (34,6%) областях и в Алтайском крае (39,2%). В Новосибирской, Омской области и в Республике Башкортостан они занимают 21,2-29,5% территории (рис. 2).

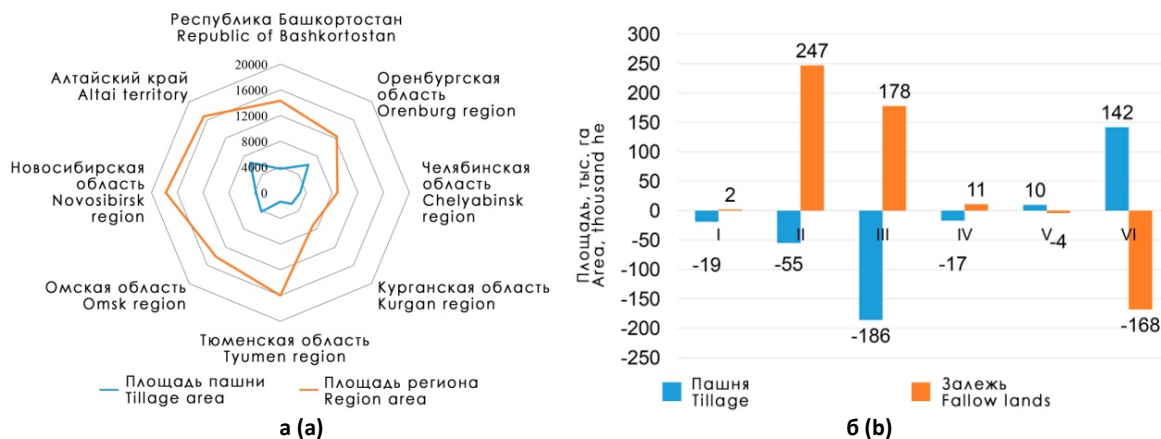


Рисунок 2. Средняя площадь пашни в сельскохозяйственных регионах Урала и Западной Сибири (а) и её изменение (б), где I – Челябинская обл., II – Курганская обл., III – Тюменская обл., IV – Омская обл., V – Новосибирская обл., VI – Алтайский край) за 2002-2019 гг.

Figure 2. The average tillage area in the agricultural regions of Ural and West Siberia (a) and its change (b), where I – the Chelyabinsk region, II – the Kurgan Region, III – the Tyumen region, IV – the Omsk region, V – the Novosibirsk region, VI – the Altai Territory) for 2002-2019

Регионы характеризуются различной временной динамикой площади пашни. Размах её варьирования за 2002-2019 гг. составил 12-527 тыс. га. Самая стабильная площадь пашни с коэффициентом вариации 0,12% отмечена в Новосибирской области, а самая изменчивая (3,30%) – в Республике Башкортостан.

Следует особо подчеркнуть различную направленность (тренд) изменения площади пашни за анализируемый период (рис. 2б). В Омской, Челябинской, Оренбургской, Курганской, Тюменской областях и Республике Башкортостан она оказалась отрицательной – площадь пашни сократилась на 17-218 тыс. га. В Новосибирской области и Алтайском крае, напротив, площадь пашни выросла на 10-142 тыс. га.

Корреляционный анализ аналитических данных выявил обратную сильную связь ($r = -0,86$) доли пашни (%) в общей площади региона с коэффициентом экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ). Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,74$) свидетельствует о зависимости КЭСЛ от приведённого показателя и указывает на его возрастание при уменьшении площади пашни в 74,0% случаев.

Наиболее стабильная площадь залежи с коэффициентом вариации 2,67% отмечена в Новосибирской области – размах её вариации составил только 7 тыс. га. Наибольшим временным варьированием площади залежи характеризуется Курганская область с коэффициентом вариации 23,10% и разницей между наименьшими и наибольшими значениями 312 тыс. га.

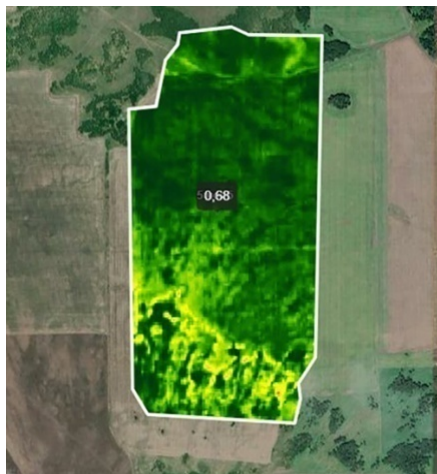
Следует отметить, что в регионах с сократившейся площадью пашни (кроме Республики Башкортостан и Оренбургской области) за 2002-2019 гг. отмечен прирост площади залежи на 11 (Омская область) – 247 тыс. га (Курганская область). В регионах с возросшей площадью пашни площадь залежи сократилась на 4,1 (Новосибирская область) – 168,0 тыс. га (Алтайский край). Между площадью пашни и площадью залежи установлена сильная обратная связь ($r = -0,69$ (Челябинская область) 0,94-1,00 (остальные регионы)), свидетельствующая об их взаимном превращении.

Визуальный и инструментальный мониторинг состояния земельных угодий в анализируемых регионах подтверждает активно продолжающуюся мобилизацию почвенного плодородия, исключающую компенсацию вынесенных урожаями питательных элементов, ввиду невысоких объёмов внесения минеральных и органических удобрений и экспансии на поля почвозатратных коммерческих монокультур (прежде всего подсолнечника). Попираются элементарные законы земледелия, упрощаются севообороты, игнорируется научно-обоснованная структура посевных площадей. Всё это на фоне низкой востребованности специалистов агрономического профиля сопровождается стремительной деградацией почвенного покрова, выражается в высокой пестроте растительности по элементарным участкам поля, снижении качества продукции и валовых сборов (рис. 3).

Вполне очевидно, что подобные подходы при направленности к сохранению валовых сборов

растениеводческой продукции и поддержанию продовольственной безопасности населения, будут и дальше стимулировать экстенсивное землепользование и способствовать сохранению в обработке неустойчивых и деградировавших угодий. Напротив, их ведение из обработки при интенсификации

земледелия на высокоплодородных участках, перевод в кормовые угодья (в том числе ООПТ), будет способствовать увеличению доли стабильных элементов ландшафтов, повышению их устойчивости и сохранению биологического разнообразия для будущих поколений.



а (a)



б (b)

Рисунок 3. Визуализация пространственной неоднородности (а) растительного покрова (по NDVI) и общий вид посева льна масличного (б) на выработанных чернозёмах южных, Омская область, Черлакский район, 2020 г.
Figure 3. Visualization of the spatial heterogeneity of (a) the vegetation cover (according to NDVI) and the total view of the seed flax sowing (b) in the cultivated southern chernozem, the Omsk region and the Cherlaskiy district, 2020

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Земледельческие регионы Урала и Западной Сибири характеризуются территориальными особенностями экологической стабильности ландшафтов. Ярко выраженной стабильностью отличается Тюменская область. В Новосибирской области стабильность выражена хорошо. В большинстве других регионов отмечается условно стабильное состояние, а Оренбургская область характеризуется нестабильным состоянием ландшафтов. Самой высокой неустойчивостью среди нестабильных элементов ландшафта характеризуется пашня. Коэффициент экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ) сильно связан с её долей в общей площади региона. В 74% случаев он возрастает при снижении площади пашни.

Природозатратные и почворасточительные экстенсивные подходы в земледелии способствуют сохранению в обработке неустойчивых и деградировавших угодий. Их выведение из обработки при интенсификации земледелия на высокоплодородных участках, перевод в кормовые угодья (в том числе ООПТ), способствующие увеличению доли стабильных элементов ландшафтов, можно рассматривать в качестве основного направления повышения их устойчивости и сохранения биологического разнообразия.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 20-17-00069 «Географические основы

пространственного развития сельскохозяйственных постцелинных регионов Урала и Сибири».

ACKNOWLEDGEMENT

The study was conducted with the financial support by the RSF grant 20-17-00069 "Geographical basis of spatial development in agricultural virgin land regions within Ural and Siberia".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы // Индекс безопасности. 2016. Т. 22. N 3-4(118-119). С. 103-104.
2. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2019. N 3. С. 5-11. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011
3. Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Репринтное издание. Оренбург, 2016. 182 с.
4. Клементова Е.Н., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственного ландшафта // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. N 5. С. 33-34.
5. Баранов В.А. Экологическая оптимизация агроландшафтов юго-востока Европейской России (структура, динамика, эволюция). Саратов: АСП, 2012. 314 с.
6. Кочуров Б.И. Современное землеустройство и управление землепользованием в России // Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий: Зарубежный опыт и проблемы России. М.: КМК. 2005. С. 322-334.
7. Ключин П.В., Шорманов А.Х. Обобщенная оценка антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные угодья

- Кабардино-Балкарской Республики // Современные проблемы землепользования. М.: ГУЗ. 2015. С. 39-44.
8. Sirami C., Gross N., Baillod A.B., Bertrand C., Carrie R., Hass A., Henckel L., Miguet P., Vuillot C., Alignier A., Girard J., Batary P., Clough Y., Violle C., Giral D., Bota G., Badenhauer I., Lefebvre G., Gauffre B., Vialatte A., Calatayud F., Gil-Tena A., Tischendorf L., Mitchell S., Lindsay K., Georges R., Hilaire S., Recasens J., Oriol Sole-Senan X., Robleno I., Bosch J., Barrientos J.A., Ricarte A., Marcos-Garcia M.A., Minano J., Mathevet R., Gibon A., Baudry J., Balent G., Poulin B., Burel F., Tschardt T., Bretagnolle V., Siriwardena G., Quin A., Brotons L., Martin J., Fahrig L. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions // *PNAS*. 2019. V. 116. N 33. P. 16442-16447. DOI: 10.1073/pnas.1906419116
 9. Diaz S., Zafra-Calvo N., Purvis A., Verburg P.H., Obura D., Leadley P., Chaplin-Kramer R., Meester L., Dulloo E., Martin-Lopez B., Shaw R., Visconti P., Broadgate W., Bruford M., Burgess N., Cavender-Bares J., DeClerck F., Fernandez-Palacios J.M., Garibaldi L., Hill S., Isbell F., Khoury C., Krug C., Liu J., Maron M., McGowan P., Pereira H., Reyes-Garcia V., Rocha J., Rondinini C., Shannon L., Shin Y., Snelgrove P., Spehn E., Strassburg B., Subramanian S., Tewksbury J., Watson J., Zanne A. Set ambitious goals for biodiversity and sustainability // *Science*. 2020. V. 370. P. 411-413. DOI:10.1126/science.abe1530
 10. Pe'er G., Bonn A., Bruehlheide H., Dieker P., Eisenhauer N., Feindt P., Hagedorn G., Hansjürgens B., Herzog I., Lomba A., Marquard E., Moreira F., Nitsch H., Oppermann R., Perino A., Röder N., Schleyer C., Schindler S., Wolf C., Zinngrebe Y., Lakner S. Action needed for the EU common agricultural policy to address sustainability challenges // *People Nat*. 2020. N 2. P. 305-316. DOI: 10.1002/pan3.10080
 11. Soley F.G., Perfecto I. A way forward for biodiversity conservation: high-quality landscapes // *Trends Ecol. Evol*. 2021. V. 36. N 9. P. 770-773. DOI: 10.1016/j.tree.2021.04.012
 12. Вершинин В.В., Шаповалов Д.А., Ключин П.В., Широкова В.А., Хуторова А.О., Гуров А.Ф., Саприн С.В., Широков Р.С., Савинова С.В. Геоэкологический мониторинг аграрных и урбанизированных ландшафтов в условиях техногенного воздействия. Москва: ФГБОУ ВПО «Государственный университет по землеустройству», 2019. 273 с.
 13. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. М.: Росреестр, 2020. 198 с.
 14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- REFERENCES**
1. Koval'chuk M.V., Naraikin O.S. Nature-like technologies – new opportunities and new threats. *Indeks bezopasnosti [Security Index]*. 2016. vol. 22. no. 3-4(118-119). pp. 103-104. (In Russian)
 2. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Ecologization of steppe agricultural technologies in the conditions of natural and anthropogenic changes in the environment. *Theoretical and applied ecology*, 2019, no. 3, pp. 5-11. (In Russian) DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011
 3. Chibilev A.A. *Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov. Reprintnoe izdanie* [Ecological optimization of steppe landscapes. Reprinted edition]. Orenburg, 2016, 182 p. (In Russian)
 4. Klementova E.N., Geinige V. Assessing the environmental sustainability of the agricultural landscape. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo* [Melioration and Water Management]. 1995, no. 5, pp. 33-34. (In Russian)
 5. Baranov V.A. *Ekologicheskaya optimizatsiya agrolesolandshaftov yugo-vostoka Evropeiskoi Rossii (struktura, dinamika, evolyutsiya)* [Ecological optimization of agro-forest landscapes of the south-east part of the European Russia (the structure, dynamics, evolution)]. Saratov, ASP Publ., 2012, 314 p. (In Russian)
 6. Kochurov B.I. *Sovremennoe zemleustroystvo i upravlenie zemlepol'zovaniem v Rossi* [Stable development of agriculture and rural areas: Foreign experience and problems of Russia]. In: *Ustoichivoe razvitiye sel'skogo khozyaistva i sel'skikh territorii: Zarubezhnyi opyt i problemy Rossii* [Sustainable Development of Agriculture and Rural Territories: Foreign Experience and Problems of Russia]. Moscow, KMK Publ., 2005, pp. 322-334. (In Russian)
 7. Klyushin P.V., Shormanov A.Kh. *Obobshchennaya otsenka antropogennoi nagruzki na sel'skokhozyaistvennye ugod'ya Kabardino-Balkarskoi Respubliki* [The modern problem of land use]. In: *Sovremennye problemy zemlepol'zovaniya* [Modern problems of land use]. Moscow, SULM Publ., 2015, pp. 39-44. (In Russian)
 8. Sirami C., Gross N., Baillod A.B., Bertrand C., Carrie R., Hass A., Henckel L., Miguet P., Vuillot C., Alignier A., Girard J., Batary P., Clough Y., Violle C., Giral D., Bota G., Badenhauer I., Lefebvre G., Gauffre B., Vialatte A., Calatayud F., Gil-Tena A., Tischendorf L., Mitchell S., Lindsay K., Georges R., Hilaire S., Recasens J., Oriol Sole-Senan X., Robleno I., Bosch J., Barrientos J.A., Ricarte A., Marcos-Garcia M.A., Minano J., Mathevet R., Gibon A., Baudry J., Balent G., Poulin B., Burel F., Tschardt T., Bretagnolle V., Siriwardena G., Quin A., Brotons L., Martin J., Fahrig L. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *PNAS*, 2019, vol. 116, no. 33, pp. 16442-16447. DOI: 10.1073/pnas.1906419116
 9. Diaz S., Zafra-Calvo N., Purvis A., Verburg P.H., Obura D., Leadley P., Chaplin-Kramer R., Meester L., Dulloo E., Martin-Lopez B., Shaw R., Visconti P., Broadgate W., Bruford M., Burgess N., Cavender-Bares J., DeClerck F., Fernandez-Palacios J.M., Garibaldi L., Hill S., Isbell F., Khoury C., Krug C., Liu J., Maron M., McGowan P., Pereira H., Reyes-Garcia V., Rocha J., Rondinini C., Shannon L., Shin Y., Snelgrove P., Spehn E., Strassburg B., Subramanian S., Tewksbury J., Watson J., Zanne A. Set ambitious goals for biodiversity and sustainability. *Science*, 2020, vol. 370, pp. 411-413. DOI: 10.1126/science.abe1530
 10. Pe'er G., Bonn A., Bruehlheide H., Dieker P., Eisenhauer N., Feindt P., Hagedorn G., Hansjürgens B., Herzog I., Lomba A., Marquard E., Moreira F., Nitsch H., Oppermann R., Perino A., Röder N., Schleyer C., Schindler S., Wolf C., Zinngrebe Y., Lakner S. Action needed for the EU common agricultural policy to address sustainability challenges. *People Nat*, 2020, no. 2, pp. 305-316. DOI: 10.1002/pan3.10080
 11. Soley F.G., Perfecto I. A way forward for biodiversity conservation: high-quality landscapes. *Trends Ecol. Evol*, 2021, vol. 36, no. 9, pp. 770-773. DOI: 10.1016/j.tree.2021.04.012
 12. Vershinin V.V., Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Gurov A.F., Saprin S.V., Shirokov R.S., Savinova S.V. *Geoekologicheskii monitoring agrarnykh i urbanizirovannykh landshaftov v usloviyakh tekhnogennogo vozdeistviya* [Geoecological monitoring of agrarian and urbanized landscapes under technogenic impact]. Moscow, State University for Land Management Publ., 2019, 273 p. (In Russian)
 13. *Gosudarstvennyi (natsional'nyi) доклад o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiiskoi Federatsii v 2019 godu* [State

report "On the state and use of land in Russian Federation in 2019"]. Moscow, Rosreestr Publ., 2020, 198 p. (In Russian)
14. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*

[Methodology of field experience (with the basis of statistical processing of the results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр А. Чибилёв (мл.) и Юрий А. Гулянов анализировали и интерпретировали результаты исследований, проводили корректировку рукописи. Дмитрий С. Мелешкин собрал и обобщил базу данных, подготовил обзор литературы по данному исследованию в трудах отечественных и зарубежных ученых. Дмитрий В. Григоревский обработал первичную информацию, подготовил графический материал. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander A. Chibilyov (jr.) and Yuriy A. Gulyanov analysed and interpreted research results and corrected the manuscript. Dmitry S. Meleshkin collected and summarised the database and prepared a review of the literature of Russian and foreign scientists relating to this study. Dmitry V. Grigorevsky processed primary information and prepared graphic material. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Александр А. Чибилёв (мл.) / Alexander A. Chibilyov (jr.) <https://orcid.org/0000-0003-1109-6231>
Юрий А. Гулянов / Yuriy A. Gulyanov <https://orcid.org/0000-0002-5883-349X>
Дмитрий С. Мелешкин / Dmitry S. Meleshkin <https://orcid.org/0000-0001-8023-3071>
Дмитрий В. Григоревский / Dmitry V. Grigorevsky <https://orcid.org/0000-0003-2354-3035>