

РОЛЬ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В ПОСТЦЕЛИННЫХ РЕГИОНАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Ю.А. Гулянов

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены результаты оценки экологической сбалансированности агроландшафтов отдельных постцелинных территорий Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области и Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края, характеризующихся широкой сельскохозяйственной освоенностью. Их экологической устойчивости (стабильности) дана преимущественно низкая оценка, обусловленная преобладанием дестабилизирующих экологическое равновесие структурных элементов в общей площади землепользования. Повышение их экологической устойчивости и сбалансированности предложено путем сокращения площади пашни на величину, превышающую ее оптимальные размеры. Это может быть достигнуто путем трансформации в другие виды пользования, стабилизирующие экологический баланс, малопродуктивных пахотных угодий на площади 16,2 тыс. га в Светлинском районе Оренбургской области, 15,4 тыс. га в МО г. Славгород, 18,7 тыс. га в Ключевском, 50,9 тыс. га в Кулундинском и 51,3 тыс. га в Табунском районах Алтайского края. Поддержание экологической устойчивости агроландшафтов и сохранение продовольственной безопасности населения и экспортного потенциала страны путем компенсации недополученных урожаев более высокими сборами с остающихся в обработке земель в этом случае может быть обеспечено посредством внедрения наукоемких природоподобных технологий, определенных правительством РФ в качестве приоритетных.

Ключевые слова: степная зона России, экологическая сбалансированность агроландшафтов, природоподобные технологии.

Введение

Глобальные изменения климата и урбанизация являются достаточно серьезными вызовами для экологических систем во всем мире. Они сопровождаются истощением природных ресурсов, утратой биоразнообразия, катастрофическими проявлениями метеорологического характера, представляют серьезные риски для здоровья и благополучия людей [1, 2]. Исключение необратимого экологического ущерба и обеспечение устойчивого функционирования экосистем требуют тщательной оценки их сбалансированности и способности к сохранению устойчивости [3, 4].

Устойчивость ландшафтов, выступающих в качестве одного из элементов региональных экосистем, чаще всего ассоциируется с их способностью к обеспечению долгосрочных и стабильных экосистемных услуг (в соответствии с их типом) [5, 6], противостоять разрушению, самовосстанавливаться с определенной полнотой и «самоочищаться» от различных загрязнений [7, 8].

Устойчивость ландшафтов измеряется и оценивается по степени отклонения их параметров от естественных значений при антропогенных нагрузках, по скорости самовосстановления и другим критериям [5].

К началу XXI века, при значительно возросшем антропогенном воздействии на природные экосистемы, при оценке экологической устойчивости территорий ландшафты стали использоваться в качестве ключевой пространственной единицы [9, 10],

характеризующейся специфическим составом и конфигурацией отдельных элементов, имеющих региональные особенности [11, 12].

Большое значение устойчивости ландшафтов придается в сельскохозяйственном производстве, где объектом приложения сельскохозяйственной практики являются агроландшафты («полевые» ландшафты [13]), преобразованные из ландшафтов, как целостных природных образований, в процессе земледельческого использования [14]. Они являются геосистемами, выделенными по совокупности ведущих агроэкологических факторов, предполагающих применение зональных систем земледелия и функционирующих в единой цепи миграции вещества и энергии [15].

Как известно, сельскохозяйственное природопользование в большинстве случаев проводится без глубокой оценки ресурсного потенциала, характеризуется превышением темпов его потребления над темпами восстановления (прежде всего почвенных ресурсов) и нуждается в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов [16]. При их проектировании система оценки ресурсного потенциала опирается на показатели и критерии, характеризующие экологическое равновесие или устойчивость, такие как соотношение угодий, соответствие технологической нагрузки экологической емкости, степень деградации и др. [17]. Исходя из паритета их величин сбалансированными считаются агроландшафты, характеризующиеся уравниваемостью территориальных структурных элементов в виде угодий, стабилизирующих и дестабилизирующих экологическое равновесие, а также внутренней сбалансированностью расходной и приходной статей [8, 13].

К стабилизирующим территориальным структурным элементам относятся площади с естественной растительностью (луга, леса, степи, залежь), их сочетания и разновидности, в т.ч. земли заповедников, заказников, ООПТ и т.п., а также земли лесного фонда, в совокупности, составляющие так называемую буферную зону. Самыми масштабными дестабилизирующими элементами, наряду с землями занятыми застройками, нарушенными, под дорогами и прочими (полигоны отходов, свалки, овраги, открытые карьеры и места добычи полезных ископаемых), являются обрабатываемые земли (пашня) [18].

В целом, экологическое равновесие агроландшафтов определяется балансом обратно направленных процессов продукционного и деструкционного характера, среди которых выделяются гумификация и минерализация, оструктурирование и разрушение структуры, уплотнение и разуплотнение почв, эрозионные проявления и почвообразование; поступление и вынос веществ и экотоксикантов, их разложение, а также соотношение биологических видов и процессов, определяющих подвижность биогенных элементов [16].

Агроландшафты, в отличие от природных ландшафтов, в большинстве случаев характеризуются нарушением экологического баланса, потерей способности к саморегулированию, особенно в экстенсивных системах земледелия и при увеличении антропогенной нагрузки, нуждаются в постоянном поддержании устойчивости, обеспечивающей рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов [19]. Возникает необходимость оценки их экологической устойчивости по сохранению структуры и функций в процессе воздействия внутренних и внешних факторов [20].

Исходя из этого, разработка и обоснование путей повышения устойчивости агроландшафтов, сочетающих экологическую сбалансированность и высокую продуктивность, имеет чрезвычайную актуальность, особенно в постцелинных регионах степной зоны, характеризующихся высокой напряженностью экологического баланса в связи с тотальной распаханностью территории.

Основная цель исследований заключалась в оценке экологической устойчивости (стабильности) агроландшафтов отдельных территорий степной зоны Урала и Западной Сибири и обосновании роли природоподобных технологий в повышении их сбалансированности.

Принимая во внимание определенную изученность обозначенной проблемы и одновременно отсутствие завершенной комплексной системы оценки агроландшафтов для

формирования экологически сбалансированных агроландшафтов, были сформулированы следующие задачи:

- провести актуализацию пространственной оценки экологической устойчивости исследуемых территорий по комплексному показателю экологической устойчивости (стабильности);
- провести оценку территориально-функциональной устойчивости агроландшафтов по индексу экологической сбалансированности и определить оптимальную площадь пашни для агроландшафтов с условно сбалансированным соотношением угодий;
- обосновать роль природоподобных технологий в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов и повышении их агрономической (производительной) устойчивости.

Материалы и методы

Объектом исследований выступали территории землепользования Домбаровского, Ясненского и Светлинского районов Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области, Бурлинского, Табунского, Кулундинского, Ключевского районов и МО г. Славгород Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края, характеризующиеся неустойчивостью растениеводства и нуждающиеся в оптимизации структуры землепользования и адаптации агротехнологий к высокой засушливости климата.

Оценку экологической устойчивости исследуемых территорий проводили посредством комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности), порядок расчета которого описан в одной из наших предшествующих работ [18].

Оценку территориально-функциональной устойчивости агроландшафтов осуществляли по индексу экологической сбалансированности по формуле [21]:

$$I_{\text{эсл}} = P_{\text{бз}} / P_{\text{п}}, \text{ где} \quad (1)$$

$I_{\text{эсл}}$ – индекс экологической сбалансированности агроландшафта по территориально-функциональному признаку;

$P_{\text{бз}}$ – площадь структурных элементов буферной зоны, тыс. га;

$P_{\text{п}}$ – площадь обрабатываемых угодий (пашни), тыс. га.

Агроландшафт считали экологически сбалансированным (порогоустойчивым) при $I_{\text{эсл}}$ равным единице, указывающем на уравнивание его территориальных структурных элементов. Преобладание дестабилизирующих антропогенных факторов в развитии агроландшафта отмечали при $I_{\text{эсл}}$ меньше единицы (неустойчивый агроландшафт), а преобладание природных процессов – при $I_{\text{эсл}}$ больше единицы (устойчивый агроландшафт).

Агрономическую (производительную) устойчивость агроландшафтов оценивали по соотношению величин потенциальной и производственной урожайности полевых культур и их временной изменчивости [16].

Оптимальную площадь пашни при условно сбалансированном соотношении угодий ($I_{\text{эсл}} = 1$) рассчитывали по формуле [21]:

$$P_{\text{опт}} = (P_{\text{бз}} + P_{\text{п}})/2, \text{ где} \quad (2)$$

где $P_{\text{опт}}$ – оптимальная (максимально допустимая) площадь пашни в сбалансированном агроландшафте, тыс. га.

Для определения площадей отдельных структурных элементов агроландшафтов использовали размещенные в свободном доступе сведения Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [22]. Источником данных также служили статистические материалы, предоставленные региональными министерствами и ведомствами, а также опросные сведения и результаты экспедиционных обследований (2019-2023 гг.)

Корреляционный и регрессионный анализ аналитических данных [23] проводили в *Microsoft Office Excel*.

Результаты и обсуждение

В результате оценки экологической устойчивости исследуемых территорий по комплексному показателю экологической устойчивости (стабильности) подтверждена его широкая пространственная изменчивость и преимущественно низкая величина, связанная с невысокой долей площади стабилизирующих территориальных элементов в общей площади муниципальных образований (рис. 1).



Рисунок 1 – Динамика комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) в разрезе исследуемых территорий (Российская Федерация, в целом – I; Оренбургская область, в целом – II, в т.ч. по районам: Домбаровский – III, Светлинский – IV, Ясенский – V; Алтайский край, в целом – VI, в т.ч. по районам: Бурлинский – VII, МО г. Славгород – VIII, Табунский – IX, Кулундинский – X, Ключевский – XI)

На уровне исследуемых регионов более напряженная ситуация складывается в Оренбургской области, где величина комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) территории не превышает 0,90 единиц и свидетельствует о нестабильном экологическом состоянии (0,5-1,0). В Алтайском крае отмеченный показатель на 0,33 единицы выше (1,17), при этом экологическое состояние территории также является напряженным (условно стабильное – 1,0-3,0). По сравнению со средней величиной данного показателя, характерного для всей российской территории (2,50), в Оренбургской области он ниже на 1,66 единицы (в 3,0 раза) и на 1,33 единицы (в 2,14 раза) – в Алтайском крае. При средней по стране относительной доле стабилизирующих территориальных элементов в общей площади землепользования на уровне 71,4 % в Оренбургской области она составляет только 45,7 % и немногим более (54,0 %) в Алтайском крае.

Среди муниципальных образований исследуемых регионов самой низкой оценкой экологической устойчивости (стабильности) территории характеризуются Табунский и Кулундинский районы Алтайского края (0,24-0,28 – нестабильность выражена отчетливо). Немногим лучше, с показателями, указывающими на нестабильное состояние (0,5-1,0), экологическая обстановка в Ключевском районе (0,67), МО г.Славгород (0,62), а также Ясенском (0,76) и Светлинском (0,84) районах Оренбургской области. Указанные территории характеризуются долей стабилизирующих территориальных элементов на уровне 19,3-45,6 %. Превышающая 50,0 % рубеж величина данного показателя отмечена только в Бурлинском районе Алтайского края (57,4 %) и Домбаровском районе Оренбургской области (67,8 %), с комплексным показателем экологической устойчивости (стабильности) территории на уровне 1,35-2,11 единиц (условно стабильное состояние).

Сильная прямая связь ($r = 0,95$) комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) территории с долей площади стабилизирующих территориальных элементов свидетельствует о необходимости оптимизации структуры землепользования в сторону сокращения доли дестабилизирующих экологическое равновесие структурных элементов, главное место среди которых в хлебосеющих постцелинных регионах занимает пашня. Ее

наибольшие площади относительно общей площади землепользования отмечены в территориях Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края с наименьшим комплексным показателем экологической устойчивости (стабильности), составившие 73,0-76,9 % (Кулундинский и Табунский районы) и 52,3-52,5 % (Ключевский район и МО г. Славгород).

В связи с крайне низкой лесистостью исследуемых территорий, значительно уступающей по величине регионам в целом (Оренбургская область – 5,02 %, Алтайский край – 23,98 %), особый интерес представляет связь комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) территории с долей лесных земель и лесных насаждений, не входящих в лесной фонд, в общей площади земель в административных границах.

Их наименьшим участием среди исследуемых муниципальных образований Оренбургской области характеризуется Светлинский район, где площадь указанных угодий составляет только 0,16 %. В Алтайском крае наименьшие показатели отмечены в МО г. Славгород (2,32 %), Табунском (2,39 %), Бурлинском (3,34 %) и Кулундинском (3,49 %) административных районах.

Примечательно, что связь комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) исследуемых территорий оказалась сильной, как с площадью лесных земель и их участием в общей площади регионов ($r = 0,73$), так и с площадью и долей лесных насаждений, не входящих в лесной фонд ($r = 0,70$), что свидетельствует об их безусловной значимости в обеспечении экологической устойчивости и сбалансированности территорий.

Оценка территориально-функциональной устойчивости агроландшафтов исследуемых территорий по индексу экологической сбалансированности выявила аналогичную пространственную картину (рис. 2а).

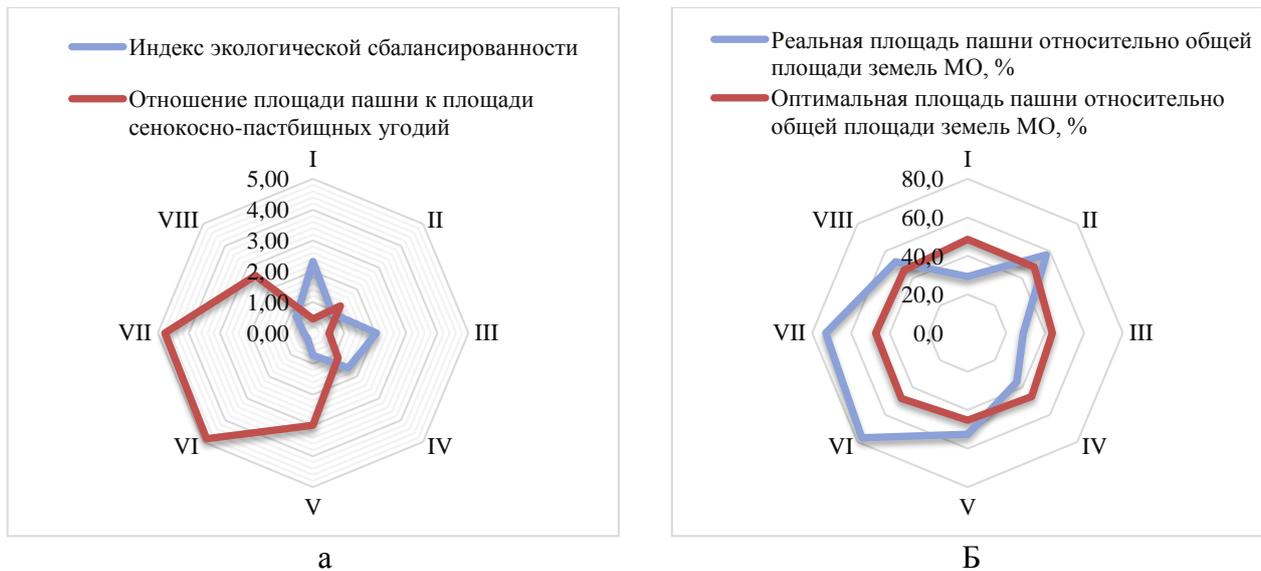


Рисунок 2 – Динамика индекса экологической сбалансированности агроландшафтов (а) и оптимальной площади пашни (б) в разрезе исследуемых МО (районов) Оренбургской области (Домбаровский – I, Светлинский – II, Ясенский – III) и Алтайского края (Бурлинский – IV, МО г. Славгород – V, Табунский – VI, Кулундинский – VII, Ключевский – VIII)

В соответствии с приведенной выше градацией данного показателя в целом по РФ, Алтайскому краю, Домбаровскому и Ясенскому районам Оренбургской области и Бурлинскому району Алтайского края агроландшафты признаны устойчивыми. В среднем по Оренбургской области и исследуемому Светлинскому району величина индекса экологической сбалансированности агроландшафта (0,93 и 0,89) ниже величины, соответствующей устойчивому агроландшафту, на 0,07 и 0,11 единиц. Еще большая разница

(0,24 и 0,27 единиц) отмечена в МО г. Славгород и Ключевском районе Алтайского края (0,76 и 0,73), а самые низкими значениями индекса экологической сбалансированности агроландшафтов характеризуются Кулундинский (0,30) и Табунский (0,25) районы.

Аналогичной, но значительно более выраженной, оказалась и связь индекса экологической сбалансированности агроландшафтов с площадью лесных земель и их участием в общей площади регионов ($r = 0,98$), а также с площадью и долей лесных насаждений, не входящих в лесной фонд ($r = 0,96$), что указывает на их важность и в обеспечении территориально-функциональной устойчивости агроландшафтов.

Вполне очевидно, что экологическая значимость лесных земель и лесных насаждений, не входящих в лесной фонд (в т.ч. полезащитных лесных полос), в исследуемых территориях останется высокой и при трансформации малопродуктивных пахотных земель в другие виды угодий, что актуализирует проблему поддержания их жизнеспособности в условиях повышенной сухости климата.

Между индексом экологической сбалансированности агроландшафтов и комплексным показателем экологической устойчивости исследуемых территорий выявлена прямая сильная связь с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,81. Отсутствие абсолютной связи между указанными параметрами свидетельствует о сложной и многогранной организации зональных ландшафтов, представляющих собой пространственную ассоциацию разнородных территорий с тесным взаимодействием между природными объектами (и процессами) и человеком. Это же обстоятельство объясняет и выявленную только на уровне слабой ($r = - 0,36$) обратную связь индекса экологической сбалансированности агроландшафтов и соотношения площади пашни и сенокосно-пастбищных угодий и указывает на целесообразность оптимального сочетания всех структурных элементов, составляющих буферную зону. При этом следует отметить, что в проведенных нами исследованиях, агроландшафты с самым низким индексом экологической сбалансированности отличались и самым высоким отношением площади пашни к площади сенокосно-пастбищных угодий, составившем 4,77 (Кулундинский район) – 4,85 (Табунский район) единиц.

В результате анализа агрономической (производительной) устойчивости агроландшафтов исследуемых территорий выявлена ее достаточно низкая оценка (табл. 1).

Таблица 1 – Агрономическая (производительная) устойчивость агроландшафтов отдельных муниципальных образований Оренбургской области и Алтайского края

Муниципальные образования (административные районы)	Показатели производительной устойчивости агроландшафта		Оценка производительной устойчивости агроландшафта
	Урожайность яровой пшеницы (У)	Коэффициент вариации урожайности (Кв)	
Домбаровский	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая
Светлинский	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая
Ясненский	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая
Бурлинский	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая
МО г. Славгород	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая
Ключевский	$У < У_{п}$	$25 > Кв > 20 \%$	очень низкая
Кулундинский	$У < У_{п}$	$30 > Кв > 25 \%$	очень низкая
Табунский	$У < У_{п}$	$Кв > 30 \%$	очень низкая

Во всех административных районах, на примере яровой пшеницы, как преобладающей в структуре посевных площадей, отмечена значительно меньшая, в сравнении с потенциальной ($У_{п}$), средняя производственная (У) урожайность, находящаяся на уровне 25,0-

27,0 % и высокие резервы роста, обусловленные величиной биоклиматического потенциала (БКП).

Расчет оптимальной площади пашни при условно сбалансированном соотношении угодий выявил ее достаточно близкую в пространственном отношении величину (43,7-48,6 %) для всех исследуемых территорий при значительно более широкой вариабельности существующих размеров (29,3-76,9 %), выраженных относительно общей площади территорий землепользования. В результате сравнения их величин установлен положительный баланс площади пашни, выражающийся в превышении оптимальных размеров, в целом для землепользования Оренбургской области (на 1,8 п.п. (процентных пункта), а также землепользования Светлинского района Оренбургской области (на 2,9 п.п.), Ключевского района (на 6,2 п.п.), МО г. Славгород (на 7,2 п.п.) и особенно Кулундинского (на 25,7 п.п.) и Табунского (на 28,8 п.п.) районов Алтайского края (рис. 2б).

Исходя из представленных результатов экологическая сбалансированность агроландшафтов указанных территорий может быть достигнута при сокращении площади пашни на 226,5 тыс. га в целом по Оренбургской области, в т.ч. на 16,2 тыс. га в Светлинском районе. Из исследуемых территорий Алтайского края консервации деградированных земель и трансформации малопродуктивных пахотных угодий в другие виды пользования (например сенокосы или пастбища) подлежат 15,4 тыс. га в МО г. Славгород, 18,7 тыс. га в Ключевском районе, 50,9 тыс. га и 51,3 тыс. га в Кулундинском и Табунском районах соответственно.

Вполне очевидно, что представленная в статье информация является убедительным свидетельством перспективности развиваемой Институтом степи УрО РАН стратегии по оптимизации землепользования и сохранению биологического разнообразия в регионах степной зоны России. В соответствии с ее концептуальными положениями одним из путей исправления сложившейся экологической ситуации является выведение из обработки малопродуктивных земель, прежде всего чрезмерно распаханых в целинную компанию 1954-1963 гг., а также заовраженных, склоновых и прочих непригодных для обработки [24]. Обеспечение продовольственной безопасности при этом предполагается за счет компенсации недополученных урожаев более высокими сборами с остающихся в обработке полей посредством внедрения наукоемких природоподобных технологий [25], определенных правительством РФ в качестве приоритетных [26].

Принципиальное отличие природоподобных агротехнологий от традиционных технологий полеводства заключается в направленности на подражание природным процессам и приближении условий существования почвы и растений в агроценозах к условиям, характерным для естественных растительных сообществ. Их более высокая производственная эффективность основывается на наукоориентированном подходе и адаптации технологических приемов к современным климатическим и антропогенным изменениям с использованием информационных технологий и данных дистанционного зондирования земли [27, 28].

Внедрение природоподобных агротехнологий предполагает снижение нагрузки на агроэкосистемы и агроландшафты и их оптимальную организацию, приближенную к природной структуре и динамике.

По аналогии с естественными природными процессами в засушливых условиях постцелинных степных регионов России перспективны подходы, предполагающие ландшафтно-экологическое пространственное планирование и организацию землепользования путем «вписывания» полей в естественный природный ландшафт.

Целесообразно насыщение севооборотов многолетними травами и создание травяных экосистем, включающих лугово-степные виды, характеризующиеся более плотным проективным покрытием, глубокой и плотной корневой системой и значительно повышающими устойчивость природно-территориального комплекса. Они являются естественным защитным покровом степных ландшафтов от проявлений деструктивного характера (водной эрозии и дефляции), обеспечивают благоприятные условия для

формирования мощного гумусового горизонта, оптимизации состава, свойств почвы и развития почвенной биоты (рис. 3).



а

б

Рисунок 3 – Многолетние травы на полях Алтайского края – люцерна синегибридная (а, Смоленский район, август 2021 г.) и эспарцет песчаный (б, СПК «Знамя Родины» Поспелихинский район, июнь 2023 г.)

Результаты полевых экспериментов, проведенных в различных регионах степной зоны России, подтверждают эффективность приведенных приемов биологизации, указывая на неспособность полноценного выполнения экологических функций многими сельскохозяйственными культурами в отсутствие многолетних трав в севооборотах. В условиях сухостепной Кулунды, к примеру, это проявляется в преобладании процессов минерализации гумуса в почве над гумификацией, разрушении структуры и уплотнении почвы, убыли органического вещества. Воспроизводство гумуса отмечается только при пятидесятипроцентном насыщении почвозащитных севооборотов житняком или в кормовых севооборотах с донником или другими многолетними бобовыми травами [14].

Высокие перспективы имеет одновременное выращивание в агроценозе двух и более культур с разными биологическими и морфологическими признаками в виде черезрядных (к примеру кукурузы и сои), разносортных (смеси сортов зерновых культур) и смешанных (бобовых и злаковых культур) посевов с целью повышения их устойчивости и объединения ценных хозяйственных признаков.

Интерес к смешанным посевам определяется также возможностью сбора с единицы площади большего урожая, чем при возделывании тех же культур в чистых посевах, а также получения продукции, сбалансированной по потребительским качествам. Выращивание смешанных посевов, наряду с выполнением экологических функций, является наиболее простым и универсальным способом получения сбалансированного по углеводно-протеиновому соотношению корма [29, 30], что способствует развитию животноводства и восполнению в почве питательных элементов внесением органических удобрений (навоза).

Высоким средостабилизирующим и ресурсосберегающим (прежде всего влагосберегающим) эффектом сопровождаются приемы обработки почвы, основанные на минимизации или ее полном исключении (прямой посев) с мульчированием поверхности незерновой частью урожая. Аналогичным последствием характеризуются и приемы уборки урожая, основанные на использовании очесывающих жаток с оставлением на поле практически не поврежденного стеблестоя, выполняющего аналогичные травяным

сообществам экологические функции (снегозадержание, снижение интенсивности весеннего паводка и др.) [31, 32].

В дополнение к экологоориентированным составляющим природоподобных агротехнологий существенное влияние на экологическую сбалансированность агроландшафтов оказывают структура посевных площадей, системы удобрений и защиты от вредных объектов, противоэрозионные мероприятия [33].

В не меньшей степени этому способствует оптимальное соотношение в развитии отраслей растениеводства и животноводства, предполагающее включение в севообороты экологически ценных кормовых культур (многолетние и однолетние травы, зернобобовые культуры и злаково-бобовые зерносмеси на зеленую подкормку, сено, сенаж; кукуруза на силос), обеспечивающее оптимизацию агрофизических свойств почвы и баланс ее плодородия (включая восполнение вынесенных урожаями элементов минерального питания) внесением органических удобрений (рис. 4).



Рисунок 4 – Кукуруза на силос (а) и приготовленные для внесения органические удобрения (б) в биологизированном земледелии АО «Брединское» Брединского района Челябинской области, зерноживотноводческой специализации, племенном репродукторе КРС симментальской породы мясного направления (август, 2023 г.)

Среди средостабилизирующих факторов агроландшафтов при реализации природоподобных агротехнологий значительная роль отводится также лесным насаждениям в виде облесения пахотных земель, снижающих экологическую напряженность в агроландшафтах посредством увеличения относительной влажности воздуха, сокращения весеннего стока, уменьшения испарения и других непродуктивных потерь влаги [34], а также усиления влагосберегающей и почвозащитной (конвекционной) функций почв.

В заключение следует отметить, что оценка экологической сбалансированности и устойчивости постцелинных агроландшафтов России, разработка и научное обоснование путей оптимизации их параметров и внедрение природоподобных агротехнологий будут способствовать снижению экологической напряженности степных регионов, сохранению биологического разнообразия, обеспечению продовольственной безопасности населения и поддержанию экспортного потенциала страны.

Выводы

Экологическая устойчивость агроландшафтов постцелинных степных регионов России характеризуется преимущественно низкой оценкой, обусловленной преобладанием дестабилизирующих экологическое равновесие структурных элементов в общей площади землепользования. Повышение их экологической устойчивости и сбалансированности может быть достигнуто путем сокращения площади пашни на величину, превышающую ее оптимальные размеры. В поддержании экологически сбалансированных агроландшафтов и сохранении продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны весомая роль должна отводиться внедрению агротехнологий, имеющих природоподобную основу и обеспечивающих воспроизводство природных ресурсов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Список литературы

1. Пашинцева Н.И. Экологические факторы в российской экономике и качество жизни населения // Вопросы статистики. 2017. № 6. С. 19-30.
2. Dong J., Jiang H., Gu T., Liu Y., Peng J. Sustainable landscape pattern: a landscape approach to serving spatial planning // Landscape Ecology. 2020. Vol. 37. P. 31-42.
3. Cumming T., Shackleton R., Forster J., Dini J., Khan A., Gumula M., Kubiszewski I. Achieving the national development agenda and the Sustainable Development Goals through investment in ecological infrastructure: A case study of South Africa // Ecosystem Services. 2017. Vol. 27. P. 253-260.
4. Мишенин М.В. Устойчивость экологических систем арктической зоны в условиях антропогенного воздействия // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 2. № 4. С. 43-53.
5. Казаков Л.К. Устойчивость и динамика ландшафтов // Вестник Международного независимого эколого-политологического университета. 2014. № 1. С. 85-93.
6. Wy J. Landscape sustainability science: core questions and key approaches // Landscape Ecology. 2021. Vol. 36. P. 2453-2485.
7. Сальников С.Е. Принципы научно-справочного эколого-географического картографирования (на примере карт оценки состояния окружающей среды) // Вестник МГУ. Серия: География. 1993. № 5. С. 11-21.
8. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 192 с.
9. Мячина К.В. Устойчивость и геоэкологическая напряженность ландшафтов степной зоны Заволжья и Урала // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2011. № 1. С. 105-110
10. Musacchio L.R. Key concepts and research priorities for landscape sustainability // Landscape Ecology. 2013. Vol. 28. P. 995-998.
11. Рябина Н.О. Региональные особенности сохранения степных ключевых биологических территорий и ландшафтов Волгоградской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. № 1-6. С. 1375-1378
12. Hofman M.G., Hayward M.W., Kelly M.J., Balkenhol N. Enhancing conservation network design with grain-theory and a measure of protected area effectiveness: refining wildlife corridors in Belize, Central America // Landscape and Urban Planning. 2018. Vol. 178. P. 51-59.
13. Бахирев Г.И. Роль земледелия в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов // Земледелие. 2016. № 7. С. 13-15.

14. Будрицкая И.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Агроэкологическая оценка почв сухостепной Кулунды // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 11 (133). С. 42-50.
15. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. М.: Издательство Российского НИИ информатики и технико-экономических исследований, 2005. 784 с.
16. Масютенко Н.П., Чуян Н.А., Бахирев Г.И., Кузнецов А.В., Брескина Г.Н., Дубовик Е.В., Масютенко М.Н., Панкова Т.И., Калужский А.Г. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Курск: Издательство ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. 50 с.
17. Алиева Н.В. Ландшафтно-экологическое равновесие и трансформация природных угодий // Экономика и экология территориальных образований. 2016. № 1. С. 124-127.
18. Чибилёв А.А. (мл.), Гулянов Ю.А., Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Оценка ландшафтно-экологической устойчивости сельскохозяйственных регионов Урала и Западной Сибири // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 1 (62). С. 109-118.
19. Долгополова Н.В., Батраченко Е.А., Малышева Е.В. Влияние эрозионных процессов на устойчивость агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 11-16.
20. Губанова Т.М., Никонорова И.В. Оценка экологической устойчивости агроландшафтов (на примере сельского поселения муниципального района Чувашской Республики) // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. 2018. Т. 28. Вып. 3. С. 242-248.
21. Масютенко Н.П., Чуян Н.А., Кузнецов А.В., Глазунов Г.П., Калужских А.Г., Дубовик Е.В., Панкова Т.И., Бахирев Г.И., Сухановский Ю.П., Санжарова С.И., Прущик А.В., Соловьёва Ю.А., Чуян О.Г. Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Курск: Издательство ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. 67 с.
22. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель. URL: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения: 07.12.2023).
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
24. Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Екатеринбург: Наука, 1992. 172 с.
25. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. (мл.), Чибилёв А.А., Левыкин С.В. Проблемы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям (на примере Оренбургской области) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 28-40.
26. Указ Президента Российской Федерации от 02.11.2023 г. № 818 «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации» URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/000120231102002> (дата обращения: 10.01.2024).
27. Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования на основе природоподобных технологий // Вопросы степеведения. 2018. № 14. С. 57-61.
28. Гулянов Ю.А. Стратегии новационного землепользования и роль природоподобных агротехнологий в экологической оптимизации степных ландшафтов // Сборник научных трудов Государственного Никитинского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 50-59.
29. Такунов И.П., Слесарева Т.Н., Баринов В.Н., Дёмина Н.А. Смешанные посевы с люпином в земледелии Нечерноземной зоны. М.: ООО «Столичная типография», 2008. 160 с.

30. Краснопёров А.Г., Буянкин Н.И. Фитосанитарные основы формирования сбалансированного агроландшафта со смешанными посевами для условий Калининградской области // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 3 (19). С. 118-125.

31. Гулянов Ю.А. Предпосылки и перспективы реализации природоподобных приемов обработки почвы в агротехнологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Таврический вестник аграрной науки*. 2020. № 2 (22). С. 37-49.

32. Чибилёв А.А., Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Силантьева М.М., Овчарова Н.В., Соколова Л.В., Яковлев И.Г., Казачков Г.В. Новационные природоподобные технологии степного землепользования и природные предпосылки к их разработке. Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2023. 72 с.

33. Беляков А.М., Кошелев А.В., Назарова М.В. Методика оценки экологической сбалансированности агроландшафтов сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области // *Аридные экосистемы*. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 125-130.

34. Ильинская И.Н. Экологическая устойчивость агроландшафтов Ростовской области // *Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых АПК, п. Рассвет, 19-20 мая 2022 г. Ростов н/Д: ООО «АзовПринт», 2022. С. 261-266.*

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 10.10.2023

Принята к публикации 11.06.2024

THE ROLE OF NATURE-LIKE TECHNOLOGIES IN THE FORMATION OF ECOLOGICALLY BALANCED AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE POST-VIRGIN REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA

Yu. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

e-mail: orensteppe@mail.ru

The article presents the results of an assessment of the agro-landscapes' ecological balance within the certain post-virgin territories in the Eastern natural-climatic zone of the Orenburg region and the Western Kulunda natural-climatic zone of the Altai Territory, characterized by wide agricultural development. Their environmental stability has a low assessment due to the predominance of structural elements destabilizing the ecological balance in the total land use area. It is proposed to increase their environmental stability and balance by reducing the area of arable land by an amount exceeding its optimal size. This can be achieved by transforming unproductive arable land on an area of 16.2 thousand hectares in the Svetlinsky district of the Orenburg region, 15.4 thousand hectares in the Moscow region (Slavgorod), 18.7 thousand hectares in Klyuchevsky, 50.9 thousand hectares in Kulundinsky and 51.3 thousand hectares in Tabunsky districts of the Altai Territory into other types of use that stabilize the ecological balance. In this case, maintaining the ecological stability of agricultural landscapes and preserving the food security of the population and the export potential of the country can be ensured by compensating for lost harvests with higher fees from the lands remaining in cultivation through the introduction of science-intensive nature-like technologies identified by the Government of the Russian Federation as a priority.

Key words: steppe zone of Russia, ecological balance of agricultural landscapes, nature-like technologies.

References

1. Pashintseva N.I. Ekologicheskie faktory v rossiiskoi ekonomike i kachestvo zhizni naseleniya. *Voprosy statistiki*. 2017. N 6. S. 19-30.
2. Dong J., Jiang H., Gu T., Liu Y., Peng J. Sustainable landscape pattern: a landscape approach to serving spatial planning. *Landscape Ecology*. 2020. Vol. 37. P. 31-42.
3. Cumming T., Shackleton R., Forster J., Dini J., Khan A., Gumula M., Kubiszewski I. Achieving the national development agenda and the Sustainable Development Goals through investment in ecological infrastructure: A case study of South Africa. *Ecosystem Services*. 2017. Vol. 27. P. 253-260.
4. Mishenin M.V. Ustoichivost' ekologicheskikh sistem arkticheskoi zony v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya. *Interespo Geo-Sibir'*. 2022. T. 2. N 4. S. 43-53.
5. Kazakov L.K. Ustoichivost' i dinamika landshaftov. *Vestnik Mezhdunarodnogo nezavisimogo ekologo-politologicheskogo universiteta*. 2014. N 1. S. 85-93.
6. Wy J. Landscape sustainability science: core questions and key approaches. *Landscape Ecology*. 2021. Vol. 36. P. 2453-2485.
7. Sal'nikov S.E. Printsipy nauchno-spravochnogo ekologo-geograficheskogo kartografirovaniya (na primere kart otsenki sostoyaniya okruzhayushchei sredy). *Vestnik MGU. Seriya: Geografiya*. 1993. N 5. S. 11-21.
8. Kochurov B.I. *Geoekologicheskoe kartografirovanie*. M.: Izdatel'skii tsentr «Akademiya», 2009. 192 s.
9. Myachina K.V. Ustoichivost' i geoekologicheskaya napryazhennost' landshaftov stepnoi zony Zavolzh'ya i Urala. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2011. N 1. S. 105-110
10. Musacchio L.R. Key concepts and research priorities for landscape sustainability. *Landscape Ecology*. 2013. Vol. 28. P. 995-998.
11. Ryabinina N.O. Regional'nye osobennosti sokhraneniya stepnykh klyuchevykh biologicheskikh territorii i landshaftov Volgogradskoi oblasti. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2011. T. 13. N 1-6. S. 1375-1378.
12. Hofman M.G., Hayward M.W., Kelly M.J., Balkenhol N. Enhancing conservation network design with grain-theory and a measure of protected area effectiveness: refining wildlife corridors in Belize, Central America. *Landscape and Urban Planning*. 2018. Vol. 178. P. 51-59.
13. Bakhirev G.I. Rol' zemledeliya v formirovanii ekologicheskii sbalansirovannykh agrolandshaftov. *Zemledelie*. 2016. N. 7. S. 13-15.
14. Budritskaya I.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Agroekologicheskaya otsenka pochy sukhostepnoi Kulundy. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 11 (133). S. 42-50.
15. Kiryushin V.I., Ivanov A.L. Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii. M.: Izdatel'stvo Rossiiskogo NII informatiki i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy, 2005. 784 s.
16. Masyutenko N.P., Chuyan N.A., Bakhirev G.I., Kuznetsov A.V., Breskina G.N., Dubovik E.V., Masyutenko M.N., Pankova T.I., Kaluzhskii A.G. Sistema otsenki ustoichivosti agrolandshaftov dlya formirovaniya ekologicheskii sbalansirovannykh agrolandshaftov. Kursk: Izdatel'stvo GNU VNIIZIPE RASKhN, 2013. 50 s.
17. Alieva N.V. Landshaftno-ekologicheskoe ravnovesie i transformatsiya prirodnykh ugodii. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy*. 2016. N 1. S. 124-127.
18. Chibilev A.A (ml.), Gulyanov Yu.A., Meleshkin D.S., Grigorevskii D.V. Otsenka landshaftno-ekologicheskoi ustoichivosti zemledel'cheskikh regionov Urala i Zapadnoi Sibiri. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 2022. T. 17. N 1 (62). S. 109-118.
19. Dolgoplova N.V., Batrachenko E.A., Malysheva E.V. Vliyanie erozionnykh protsessov na ustoichivost' agrolandshaftov. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2021. N 2. S. 11-16.

20. Gubanova T.M., Nikonorova I.V. Otsenka ekologicheskoi ustoichivosti agrolandshaftov (na primere sel'skogo poseleniya munitsipal'nogo raiona Chuvashskoi Respubliki). Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle. 2018. T. 28. N. 3. S. 242-248.
21. Masyutenko N.P., Chuyan N.A., Kuznetsov A.V., Glazunov G.P., Kaluzhskikh A.G., Dubovik E.V., Pankova T.I., Bakhirev G.I., Sukhanovskii Yu.P., Sanzharova S.I., Prushchik A.V., Solov'eva Yu.A., Chuyan O.G. Sistema otsenki resursnogo potentsiala agrolandshaftov dlya formirovaniya ekologicheskoi sbalansirovannykh agrolandshaftov. Kursk: Izdatel'stvo GNU VNIIZiZPE RASKhN, 2012. 67 s.
22. Gosudarstvennyi (natsional'nyi) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel'. URL: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/> (data obrashcheniya: 07.12.2023).
23. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
24. Chibilev A.A. Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov. Ekaterinburg: Nauka, 1992. 172 s.
25. Gulyanov Yu.A., Chibilev (ml.) A.A., Chibilev A.A., Levykin S.V. Problemy adaptatsii stepnogo zemlepol'zovaniya k antropogennym i klimaticheskim izmeneniyam (na primere Orenburgskoi oblasti). Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2022. T. 86. N 1. S. 28-40.
26. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 02.11.2023g N 818 «O razvitii prirodopodobnykh tekhnologii v Rossiiskoi Federatsii» URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/000120231102002> (data obrashcheniya: 10.01.2024).
27. Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Optimizatsiya sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya na osnove prirodopodobnykh tekhnologii. Voprosy stepovedeniya. 2018. N 14. S. 57-61.
28. Gulyanov Yu.A. Strategii novatsionnogo zemlepol'zovaniya i rol' prirodopodobnykh agrotekhnologii v ekologicheskoi optimizatsii stepnykh landshaftov. Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitinskogo botanicheskogo sada. 2019. T. 148. S. 50-59.
29. Takunov I.P., Slesareva T.N., Barinov V.N., Demina N.A. Smeshannye posevy s lyupinom v zemledelii Nechernozemnoi zony. M.: OOO «Stolichnaya tipografiya», 2008. 160 s.
30. Krasnoperov A.G., Buyankin N.I. Fitosanitarnye osnovy formirovaniya sbalansirovannogo agrolandshafta so smeshannymi posyvami dlya uslovii Kaliningradskoi oblasti. Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. N 3 (19). S. 118-125.
31. Gulyanov Yu.A. Predposylki i perspektivy realizatsii prirodopodobnykh priemov obrabotki pochvy v agrotekhnologiyakh stepnoi zony Orenburgskogo Predural'ya. Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2020. N 2 (22). S. 37-49.
32. Chibilev A.A., Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Silant'eva M.M., Ovcharova N.V., Sokolova L.V., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V. Novatsionnye prirodopodobnye tekhnologii stepnogo zemlepol'zovaniya i prirodnye predposylki k ikh razrabotke. Barnaul: Izdatel'stvo Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta, 2023. 72 s.
33. Belyakov A.M., Koshelev A.V., Nazarova M.V. Metodika otsenki ekologicheskoi sbalansirovannosti agrolandshaftov sukhostepnoi zony kashtanovykh pochv Volgogradskoi oblasti. Aridnye ekosistemy. 2022. T. 28. N 1 (90). S. 125-130.
34. Il'inskaya I.N. Ekologicheskaya ustoichivost' agrolandshaftov Rostovskoi oblasti. Aktual'nye voprosy razvitiya otraslei sel'skogo khozyaistva: teoriya i praktika: materialy IV Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh APK, p. Rassvet, 19-20 maya 2022g. Rostov n/D: OOO «AzovPrint», 2022. S. 261-266.

Сведения об авторе:

Гулянов Юрий Александрович

Д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-5883-349X

Gulyanov Yuriy

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Гулянов Ю.А. Роль природоподобных технологий в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов в постцелинных регионах степной зоны России // Вопросы степеведения. 2024. № 2. С. 106-120. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-106-120