УДК 502.6
МРНТИ 39.01.11
DOI 10.37238/2960-1371.2960-138X.2026.103(3).21

Левыкин С.В., Казачков Г.В.

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Российская Федерация

E-mail: stepevedy@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ПОСТЦЕЛИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ И КАЗАХСТАНА: ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ И АЛГОРИТМЫ

Аннотация. Статья посвящена разработке научно-методических основ экологически ориентированной оптимизации степного землепользования на территориях России и Казахстана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью согласования масштабов сельскохозяйственного освоения степных территорий с их природно-экологическим потенциалом, а также сокращения неэффективного использования земельных ресурсов и связанных с ним экологических потерь. Обосновывается положение о наличии значительных резервов оптимизации посевных площадей, в том числе за счёт повышения эффективности функционирования продовольственного комплекса и вывода из интенсивного оборота земель, использование которых не соответствует их природным и экономическим характеристикам. Развита концепция тройственной пахотопригодности, позволяющая рассматривать пригодность земель для земледелия во взаимосвязи природного потенциала территории, экологической устойчивости и экономической целесообразности сельскохозяйственного использования. Представлено основное уравнение экономической составляющей пахотопригодности. Сформулированы подходы к определению оптимального соотношения между степными экосистемами и хозяйственной деятельностью человека, раскрыты принципы оптимизации и сооптимизации землепользования. Полученные положения могут использоваться при территориальном планировании, разработке схем рационального землепользования и формировании экологически устойчивой структуры земельного фонда степной зоны.

Ключевые слова: степная зона, степное землепользование, адаптивно-ландшафтная стратегия, агроландшафт, пахотопригодность.

Введение

Показаны значительные возможности оптимизации площадей пашни в пределах степной зоны, обусловленные прежде всего необходимостью уменьшения потерь на различных этапах функционирования глобальной продовольственной системы. Сформулированы ключевые положения и выделены основные категории конвергентной адаптивно-ландшафтной стратегии, ориентированной на рационализацию степного землепользования с учётом природных, экологических и социально-экономических условий.

В рамках предлагаемого стратегического подхода разработана система нормативных положений, регулирующих использование степных земель. В её основу

положена новая трактовка тройственной пахотопригодности, учитывающая взаимосвязь природно-экологических ограничений, производственных возможностей территории и экономической целесообразности её вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Дополнительно сформулировано базовое уравнение, позволяющее раскрыть экономическую составляющую оценки пахотопригодности земель [1].

Развиты представления о наиболее рациональном характере взаимодействия природных степных комплексов и хозяйственной деятельности человека. Рассмотрены подходы к оптимизации и сооптимизации степного землепользования, предполагающие согласование производственных задач с требованиями сохранения устойчивости и восстановительного потенциала степных экосистем [2].

Для практического применения предложены алгоритмические инструменты, включающие матричную модель распределения различных типов землепользования между основными компонентами оптимизированной структуры земельного фонда, а также концептуальную схему нового подхода к экологически ориентированной оптимизации этой структуры применительно к степным территориям России и Казахстана.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования использован комплекс взаимодополняющих методов, включающий полевые ландшафтные наблюдения и общегеографические подходы. Пространственная структура и состояние исследуемых территорий изучались с применением картографического метода и методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые использовались, в частности, для идентификации ядер сохранившихся целинных и сформировавшихся вторичных степных комплексов. Для сопоставления природных характеристик и особенностей трансформации территорий применялся сравнительно-географический метод. Дополнительным источником эмпирической информации послужили материалы опросов и полевых обследований [3-5].

Для систематизации и интерпретации полученных данных использовались логические и математические методы, позволившие обобщить выявленные закономерности и сформировать количественные оценки. Историческая динамика преобразования степных территорий рассматривалась посредством сравнительно-исторического анализа, тогда как выявление общих и специфических признаков различных типов степных и агроландшафтных комплексов осуществлялось на основе сравнительно-типологического подхода.

Обоснована территориальная единица организации агроландшафта, позволяющая проводить более детализированную оценку пространственной структуры землепользования и определять направления её преобразования. В качестве приоритетных объектов оптимизационных мероприятий выделены территории постцелинного пространства России и Казахстана, характеризующиеся наиболее выраженными экологическими и хозяйственными проблемами, сформировавшимися в результате длительного интенсивного сельскохозяйственного освоения степей.

Результаты и обсуждение

По оценкам ФАО, проблема неэффективного использования произведённого продовольствия имеет глобальный масштаб. Около трети мировой продукции, предназначенной для питания населения, ежегодно утрачивается на различных стадиях продовольственной цепи либо превращается в отходы. Совокупный объём таких потерь оценивается примерно в 1,3 млрд т. При этом перераспределение всего 25% данного

объёма теоретически позволило бы обеспечить продуктами питания около 0,87 млрд человек. Интенсивность потерь существенно различается между отдельными группами продовольствия: для зерновых культур она составляет около 30%, для корнеплодов, фруктов и овощей может достигать 50%, для масличного сырья, мяса и молочной продукции оценивается примерно в 20%, а для рыбной продукции — около 35% [6,7]. Таким образом, проблема имеет не только продовольственное и экономическое, но и выраженное экологическое измерение. По оценке [8], производство, которое в дальнейшем не используется по назначению, и связанные с ним пищевые отходы сопровождаются ежегодным образованием порядка 3,3 млрд т парниковых газов.

Степные территории Евразии и Голарктики занимают особое место в мировой системе сельскохозяйственного производства, поскольку значительные площади их земельного фонда вовлечены в выращивание товарных зерновых и масличных культур. Существенная часть получаемой продукции предназначается для реализации за пределами регионов её производства. В результате сельскохозяйственные ландшафты степной зоны России оказываются непосредственно включёнными в глобальные продовольственные и торгово-экономические связи. При объёмах производства зерна на уровне 130–150 млн т и экспорте около 60 млн т проблема глобальных потерь приобретает непосредственное значение для оценки эффективности использования степной пашни. Вследствие потерь на последующих стадиях продовольственной цепи определённая доля продукции, произведённой на этих землях, фактически не выполняет своей конечной продовольственной функции [9,10].

Из этого следует важный резерв экологической оптимизации степного землепользования. Снижение потребности в сельскохозяйственном производстве за счёт уменьшения потерь в продовольственной системе потенциально позволяет сократить площадь интенсивно используемой пашни без пропорционального снижения фактического объёма продовольствия, поступающего потребителю. Даже сокращение посевных площадей примерно на десятую часть при соответствующем повышении эффективности продовольственной цепи могло бы обеспечить дополнительное пространство для восстановления степных экосистем и сохранения характерного видового состава степной биоты.

В связи с этим охрана и экологическая оптимизация степных ландшафтов должны рассматриваться в более широком контексте, чем непосредственное регулирование площади сельскохозяйственных угодий. Одним из ключевых направлений становится снижение потерь продовольствия на всех последовательных стадиях его движения от производителя к потребителю. В рамках предлагаемого подхода продовольственная система рассматривается как совокупность семи функционально связанных звеньев: сельскохозяйственное производство; первичная обработка и хранение сырья; транспортировка; переработка; розничная реализация; конечное потребление; создание и поддержание государственных продовольственных резервов.

Указанные звенья предлагается объединить понятием пищевого кластера, понимаемого как пространственно распределённая совокупность различных по функциям систем и подсистем, которые посредством потоков продукции, сырья и ресурсов связаны в единый процесс производства, хранения, перемещения, переработки, реализации и потребления продовольствия. В такой системе продовольственные потери не являются результатом исключительно недостатков одного конкретного этапа. Они формируются вследствие совокупного воздействия

факторов, действующих на протяжении всей цепочки, причём их структура и интенсивность изменяются от одного звена к другому.

Пространственная дифференциация потерь тесно связана с уровнем экономического и инфраструктурного развития государств. Для стран со средним и высоким уровнем доходов характерна концентрация более 40% потерь на стадиях розничной торговли и конечного потребления. К основным причинам относятся превышение сроков реализации и утрата продукцией требуемых потребительских характеристик, в том числе товарного вида [7]. В странах с развивающейся экономикой ситуация имеет иной характер: значительные объёмы продовольствия теряются ещё до поступления на рынок. Особенно заметна эта проблема в странах Африки, где недостаточное развитие холодильной, складской и транспортной инфраструктуры ограничивает возможности сохранения сельскохозяйственной продукции после её производства [11].

Таким образом, сокращение продовольственных потерь требует системного подхода, сочетающего рассмотрение пищевой цепи как единого функционального образования с дифференцированным воздействием на отдельные её компоненты. Меры оптимизации должны учитывать специфику конкретных стадий — от производства и хранения до реализации и потребления, — а также различия природных, экономических и инфраструктурных условий отдельных регионов и государств. Повышение эффективности продовольственного кластера в данном случае приобретает двойное значение: с одной стороны, способствует более рациональному использованию произведённого продовольствия, а с другой — создаёт предпосылки для уменьшения потребности в расширении сельскохозяйственных площадей и последующего формирования пространственного резерва для сохранения и восстановления степных природных комплексов.

Заключение

Для повышения согласованности и результативности мероприятий, направленных на снижение продовольственных потерь, целесообразно рассматривать весь путь пищевой продукции — от её производства до конечного потребления — как единую функциональную систему, обозначаемую как пищевой кластер. Его комплексная оптимизация выступает одним из ключевых условий последующего экологически обоснованного преобразования структуры земельного фонда степной зоны. В условиях XXI века, характеризующихся высокой неопределённостью климатических изменений и нестабильностью социально-экономической среды, особую актуальность приобретает поиск резервов сокращения площади пашни без снижения уровня продовольственной обеспеченности. Одним из таких резервов может выступать уменьшение потерь на различных этапах пищевой цепи и более полное использование биоклиматического потенциала сельскохозяйственных территорий. Такой подход предполагает не только экономическую, но и экологическую и этическую ответственность за рациональное использование природных ресурсов.

Определение оптимальной доли пашни должно осуществляться с учётом ландшафтной организации территории и природных ограничений, а не исключительно исходя из производственных потребностей. В качестве методологической основы предлагается использовать конвергентную ландшафтно-адаптивную стратегию рационального степного землепользования, ориентированную на согласование сельскохозяйственного использования земель с устойчивостью природных степных комплексов.

Формирование экологически сбалансированной структуры земельного фонда предполагает разработку и институциональное закрепление системы нормативов степного землепользования. Центральное место среди них занимает предложенная нами концепция тройственной пахотопригодности, предусматривающая комплексную оценку возможности вовлечения территории в пашенное использование с учётом природно-ландшафтных, экологических и социально-экономических факторов.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Геоэкологические основы и технологические аспекты оптимизации природопользования в степных регионах России и сопредельных территорий» (№ ГР 126013016160-7) и в рамках проекта Комитета науки МНВО РК «Изучение экологических, социально-демографических, экономико-географических, палеобиогеографических аспектов Приуралья и оценка его природно-ресурсного потенциала» (№BR28712767).

Благодарность

Авторы выражают благодарность Западно-Казахстанскому университету имени М. Утемисова за поддержку научного взаимодействия и создание возможностей для академического обмена посредством публикационной деятельности журнала «Вестник ЗКУ».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Володин В.М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв. М.: ЦИНАО, 2000. 336 с.

[2] Докучаев В.В.Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 643 с.

[3] Земельные ресурсы: всемирный обзор. Первое издание. – Бонн: КБООН, 2017. – 336 с.

[4] Земля: как оценить бесценное. Методические подходы к экономической оценке биопотенциала земельных ресурсов степной зоны / С.В. Левыкин, Р.Ш. Ахметов, В.П. Петрищев и др.; Под общ. ред. С.В. Левыкина. Новосибирск: Сибирский экологический центр, 2005. 170 с.

[5] Козлова М.М. Сергей Александрович Бутурлин. 1872-1938. М.: Наука, 2001. 133 с.

[6] Компанеец М.К. Учёные-агрономы России (из истории агрономической науки). М.: Колос, 1971. 184 с.

[7] Key facts on food loss and waste you should know! // Food and Agriculture Organization of the United Nations. 12.04.2016. URL: https://twosides.info/includes/files/upload/files/UK/Myths_and_Facts_2016_Sources/18-19/Key_facts_on_food_loss_and_waste_you_should_know-FAO_2016.pdf (дата обращения: 23.09.2025)

[8] Lott M.C. UN says that if food waste was a country, it’d be the #3 global greenhouse gas emitter // Scientific American. 12.09.2013. URL: https://www.scientificamerican.com/blog/plugged-in/un-says-that-if-food-waste-was-a-country-ite28099d-be-the-3-global-greenhouse-gas-emitter/ (дата обращения: 19.09.2025)

[9] Levykin S.V., NurushevM.Zh, Kazachkov G.V., Yakovlev I.G. On the defining role of the steppe in the formation of humanity: stepnism as an innovative convergent doctrine // Asian Grassland Conference 19-21 April 2022 Virtual Conference. Book of Abstracts. /

Edited by Didem Ambarlı, Alla Aleksanyan, Stephen Venn, Frank Yonghong Li, Jianshuang Wu. – Hohhot: 2022, p.60.

[10] Научно-технический бюллетень по проблеме «Оптимизация агроландшафтов и адаптивно-ландшафтных систем земледелия». Вып. 1 (70). Курск: РАСХН, ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 2002. – 88 с.

[11] Скорупскас Р. Основные методологические аспекты оптимизации ландшафта // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума/под научной редакцией академика РАН А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 112-115.

REFERENCES

[1] Volodin, V. M. (2000). *Ekologicheskie osnovy otsenki i ispol'zovaniya plodorodiya pochv* [Ecological foundations for the assessment and use of soil fertility]. TsINAO.

[2] Dokuchaev, V. V. (1949). *Izbrannye trudy* [Selected works]. Izdatel'stvo AN SSSR.

[3] *Zemel'nye resursy: Vsemirnyy obzor* [Land resources: A global review]. (2017). KBOOON.

[4] Levykin, S. V., Akhmetov, R. Sh., Petrishchev, V. P., et al. (2005). *Zemlya: Kak otsenit' bestsennoe. Metodicheskie podkhody k ekonomicheskoy otsenke biopotentsiala zemel'nykh resursov stepnoy zony* [Land: How to assess the priceless. Methodological approaches to the economic assessment of the biopotential of land resources in the steppe zone] (S. V. Levykin, Ed.). Sibirskiy ekologicheskiy tsentr.

[5] Kozlova, M. M. (2001). *Sergey Aleksandrovich Buturlin. 1872–1938*. Nauka.

[6] Kompaneets, M. K. (1971). *Uchenye-agronomy Rossii (iz istorii agronomicheskoy nauki)* [Russian agronomist scientists: From the history of agronomic science]. Kolos.

[7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016, April 12). *Key facts on food loss and waste you should know!* https://twosides.info/includes/files/upload/files/UK/Myths_and_Facts_2016_Sources/18-19/Key_facts_on_food_loss_and_waste_you_should_know-FAO_2016.pdf

[8] Lott, M. C. (2013, September 12). UN says that if food waste was a country, it'd be the #3 global greenhouse gas emitter. *Scientific American*. https://www.scientificamerican.com/blog/plugged-in/un-says-that-if-food-waste-was-a-country-ite28099d-be-the-3-global-greenhouse-gas-emitter/

[9] Levykin, S. V., Nurushev, M. Zh., Kazachkov, G. V., & Yakovlev, I. G. (2022). On the defining role of the steppe in the formation of humanity: Stepnism as an innovative convergent doctrine. In D. Ambarlı, A. Aleksanyan, S. Venn, F. Y. Li, & J. Wu (Eds.), *Asian Grassland Conference, 19–21 April 2022: Virtual conference. Book of abstracts* (p. 60).

[10] *Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' po probleme «Optimizatsiya agrolandshaftov i adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya»* [Scientific and technical bulletin on the problem "Optimization of agricultural landscapes and adaptive landscape farming systems"] (Issue 1 [70]). (2002). RASKhN, VNII zemledeliya i zashchity pochv ot erozii.

[11] Skorupskas, R. (2018). Osnovnye metodologicheskie aspekty optimizatsii landshafta [Main methodological aspects of landscape optimization]. In A. A. Chibilev (Ed.), *Stepi Severnoy Evrazii: Materialy VIII Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the VIII International Symposium] (pp. 112–115). IS UrO RAN.

Левыкин С.В., Казачков Г.В.

РЕСЕЙ МЕН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТЫҢ ИГЕРУДЕН КЕЙІНГІ АУМАҚТАРЫНДАҒЫ АГРОЛАНДШАФТТАРДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ҚАҒИДАТТАРЫ, КРИТЕРИЙЛЕРІ ЖӘНЕ АЛГОРИТМІ

Аннотация. Мақала Ресей мен Қазақстан аумақтарындағы далалық жер пайдалануды экологиялық тұрғыдан бағдарланған оңтайландырудың ғылыми-әдістемелік негіздерін әзірлеуге арналған. Зерттеудің өзектілігі далалық аумақтарды ауыл шаруашылығы мақсатында игеру ауқымын олардың табиғи-экологиялық әлеуетімен сәйкестендіру, сондай-ақ жер ресурстарын тиімсіз пайдалануды және соған байланысты экологиялық шығындарды азайту қажеттілігімен айқындалады. Егістік алқаптарын оңтайландырудың елеулі резервтері бар екені, соның ішінде азық-түлік кешенінің жұмыс істеу тиімділігін арттыру және пайдаланылуы табиғи әрі экономикалық сипаттамаларына сәйкес келмейтін жерлерді қарқынды айналымнан шығару есебінен оңтайландыру мүмкіндігі негізделеді. Аумақтың табиғи әлеуеті, экологиялық тұрақтылығы және оны ауыл шаруашылығында пайдаланудың экономикалық орындылығы өзара байланысында жердің егіншілікке жарамдылығын қарастыруға мүмкіндік беретін үштұғырлы егіншілікке жарамдылық тұжырымдамасы дамытылды. Егіншілікке жарамдылықтың экономикалық құрамдас бөлігінің негізгі теңдеуі ұсынылды. Далалық экожүйелер мен адамның шаруашылық қызметі арасындағы оңтайлы арақатынасты анықтау тәсілдері тұжырымдалып, жер пайдалануды оңтайландыру және өзара оңтайландыру қағидаттары ашып көрсетілді. Алынған тұжырымдар аумақтық жоспарлау, жерді ұтымды пайдалану схемаларын әзірлеу және дала аймағының жер қорының экологиялық тұрақты құрылымын қалыптастыру кезінде қолданылуы мүмкін.

Кілт сөздер: дала аймағы, далалық жер пайдалану, бейімделген-ландшафтық стратегия, агроландшафт, егіншілікке жарамдылық.

Levykin S.V., Kazachkov G.V.

OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE POST-VIRGIN-LANDS TERRITORIES OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN: PRINCIPLES, CRITERIA, AND ALGORITHM

Annotation. The article focuses on developing the scientific and methodological foundations for the environmentally oriented optimization of steppe land use in Russia and Kazakhstan. The relevance of the study is determined by the need to align the extent of agricultural development in steppe territories with their natural and ecological potential, as well as to reduce the inefficient use of land resources and the associated environmental losses. The study substantiates the existence of substantial opportunities for optimizing cropland areas, including by improving the operational efficiency of the food production system and withdrawing from intensive use those lands whose exploitation is inconsistent with their natural and economic characteristics. The concept of three-dimensional arability is further developed, allowing the suitability of land for cultivation to be assessed through the interrelationship between the natural potential of the territory, ecological sustainability, and the economic feasibility of agricultural use. The fundamental equation describing the economic component of arability is presented. Approaches to determining the optimal balance between steppe ecosystems and human economic activity are formulated, and the principles of land-use optimization and co-optimization are explained. The findings can be applied to

spatial planning, the development of rational land-use schemes, and the establishment of an ecologically sustainable structure of the land fund in the steppe zone.

Keywords: steppe zone, steppe land use, adaptive landscape strategy, agricultural landscape, arability.