



УДК 631.6  
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

## Природоподобие агролесомелиоративных систем

**Воскобойникова И.В., Ивонин В.М.**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова –  
филиал Донского государственного аграрного университета,  
Россия, 346428, г. Новочеркасск, Пушкинская, 111,  
E-mail: nochka67@inbox.ru, Ivoninforest@yandex.ru,

**Аннотация.** Из всех типов мелиорации агролесоводство наиболее близко к природе. Однако отсутствие чётких принципов природоподобия агролесомелиоративной системы (АЛМС) затрудняет поддержание в ней естественных процессов, способствующих оказанию соответствующих экосистемных услуг и получению социально-экономических выгод. Поэтому, целью исследований стало обоснование принципов природоподобия АЛМС и составление соответствующей визуальной модели. Методология исследования основана на анализе визуальных моделей, представляющих собой метафоры природного сходства агролесоводства. В результате были уточнены биотические, биокосные и другие решения, определены три основных принципа создания природоподобных агролесомелиоративных систем и представлена визуальная модель природоподобия АЛМС. Принцип копирования природных процессов включает: соблюдение экологических принципов, присущих природным системам, обеспечение необходимой саморегуляции АЛМС, регионального биоразнообразия, интенсивности материальных и энергетических проявлений мелиоративных лесных насаждений, их адаптация к факторам внешней среды и агроценозам, поддержание биологических циклов с воспроизводством природных ресурсов. Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод проявляется через регулирование эрозионно-аккумулятивных процессов, смягчение нежелательных явлений, стратегии «зелёного» земледелия, решение экономических и социальных проблем. Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов обусловлен лесохозяйственными уходами, минимальными нарушениями почв и согласованностью культуртехнических решений с требованиями охраны природы. Результаты исследования дают иллюстративную модель природоподобия АЛМС, которая определяется действиями (решениями), скопированными с природы или стимулирующими процессы, приближенные к природе, которые наносят меньший ущерб биосфере, оказывают экосистемные услуги и приносят пользу.

**Ключевые слова:** агролесомелиорация, природоподобие, система, теоретическая концепция, экосистемные услуги, экономические и социальные выгоды

**Для цитирования:** Воскобойникова И.В., Ивонин В.М. 2023. Природоподобие агролесомелиоративных систем. Региональные геосистемы, 47(2): 268–281. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

---

## Nature-Likeness of Agroforestry Reclamation Systems

**Inna V. Voskoboynikova, Vladimir M. Ivonin**

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute –  
branch of the Don State Agrarian University,  
111 Pushkinskaya St, Novocherkassk 346428, Russia  
E-mail: Ivoninforest@yandex.ru

**Abstract.** Of all types of land reclamation, agroforestry is the closest to nature. However, the lack of clear principles of nature-likeness of the agroforestry system (ALMS) makes it difficult to maintain natural processes in it that contribute to the provision of appropriate ecosystem services and the receipt of socio-

economic benefits. Therefore, the purpose of the research was to substantiate the principles of the nature-likeness of ALMS and to draw up an appropriate visual model. The research methodology is based on the analysis of visual models that represent metaphors for the natural similarity of agroforestry. As a result, biotic, bioinertic, and other solutions were refined, three basic principles for creating nature-like agroforestry systems were identified, and a visual model of the theoretical concept of such nature-likeness was presented. The principle of copying natural processes includes: observing the ecological principles inherent in natural systems, ensuring the necessary self-regulation of ALMS, regional biodiversity, the intensity of material and energy manifestations of reclamation forest plantations; their adaptation to environmental factors and agrocenoses; maintenance of biological cycles with the reproduction of natural resources. The principle of providing ecosystem services, obtaining economic and social benefits is manifested through the regulation of erosion-accumulation processes; mitigation of adverse events; green farming strategies; solution of economic and social problems. The principle of economic stimulation of natural processes is due to forest management, minimal disturbance of the soil and the consistency of cultural and technical solutions with the requirements of nature protection. The results of the study provide an illustrative model of the nature-likeness of ALMS, which is determined by actions (decisions) copied from nature or stimulating processes close to nature, which cause less damage to the biosphere, provide ecosystem services and bring benefits.

**Keywords:** agroforestry, nature-likeness, system, theoretical concept, ecosystem services, economic and social benefits

**For citation:** Voskoboynikova I.V., Ivonin V.M. 2023. Nature-Likeness of Agroforestry Reclamation Systems. *Regional Geosystems*, 47(2): 268–281. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-268-281

---

## Введение

По Федеральному закону<sup>1</sup>, мелиоративные защитные лесные насаждения (естественного происхождения или искусственно созданные) на землях сельскохозяйственного назначения или на землях, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции, используются для предотвращения деградации пастбищ, эрозии почв и защиты от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения посредством использования климаторегулирующих, почвозащитных, противоэрозионных, водорегулирующих и иных полезных функций лесных насаждений.

Учебник «Лесомелиорация ландшафтов»<sup>2</sup> уточняет, что основу агролесомелиоративной системы (полезащитной, пастбищезащитной, противоэрозионной и др.) составляют мелиоративные защитные лесные насаждения и бобово-злаковые травосмеси. К таким биотическим элементам дополнительно привносят биокосные решения (простейшие гидротехнические сооружения и др.) и технологии «зелёного» земледелия. Такое направление развития сельскохозяйственных технологий приводит к минимальному негативному воздействию на окружающую среду.

Использование природоподобных технологий предполагает тесную взаимосвязь между природными и технологическими процессами в системе эколого-экономических взаимодействий в рамках сельскохозяйственного производства при формировании и реализации комплекса агролесомелиоративных мероприятий [Поляков, 2021]. Всё это способствует балансу между биосферой и агросферой в соответствии с ноосферной концепцией В.И. Вернадского [2004], которая предполагает встроенность технологических процессов в биосферные циклы естественного оборота вещества.

---

<sup>1</sup> О мелиорации земель: Федеральный закон № 4-ФЗ от 10.01.1996 (с изм. от 08.12.2020 № 429-ФЗ). Электронный ресурс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015302> (дата обращения: 01.03.2023).

<sup>2</sup> Ивонин В.М. 2018. Лесомелиорация ландшафтов. Лесные насаждения для улучшения функционирования, сохранения и рекультивации природно-антропогенных ландшафтов. Новочеркасск, Лик, 206 с.



Отмечен принцип ресурсного преобразования степного агроландшафта в природоподобный лесогидромелиорированный агроландшафт лесостепного типа с высокой степенью биологизации и использования дополнительных водных ресурсов [Панов, 2018]. Это соответствует комплексным мелиорациям агроландшафтов, включённым в экологические каркасы [Кирейчева, 2011].

Экологический каркас территории составляет совокупность экосистем с индивидуальным режимом природопользования на каждом конкретном участке для поддержания экологической стабильности, предотвращения потери биоразнообразия и деградации ландшафта. Этот каркас включает следующие типы элементов: природные территории (степи, леса, луга и др.); реставрационный фонд – антропогенные территории (обычно пашня); мелиоративные (созданные человеком) элементы, необходимые для поддержания экологического равновесия (например, мелиоративные лесные насаждения) [Елизаров, 1998], а также территории с восстановленной природной средой после проведения рекультивации или реставрации [Новиков, Исаев, 2012].

Для агролесомелиоративных систем экологические каркасы образуют мелиоративные лесные насаждения при подборе соответствующих пород, их схем смешения и размещения. Это формирует устойчивые насаждения, которые обладают повышенными мелиоративными свойствами [Михин, Михина, 2014]. Такие насаждения способны создавать основу природоподобия. В эту основу вкладывают другие компоненты, образуя отношения вложенности (свойство вложенности младшего уровня подсистем в старший уровень).

Например, в систему мелиоративных лесных полос (определённой ширины и других характеристик структуры) вкладывают подсистемы простейших ГТС (с элементами распылителей стока, валов, валов-каналов, террас и др.), субподсистемы биотических технологий повышения плодородия почв (возделывание бобово-злаковых травосмесей, сидерация и др.) и почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур (бесплужная обработка, полосовое рыхление, точное земледелие и др.) [Ивонин, 2022].

Всё это определяет структуру агролесомелиоративной системы, которая (наряду с решением социально-экономических проблем) снижает остроту технологических конфликтов в землепользовании, усиливает фрагментацию окружающей среды, уменьшает степень оторванности агроландшафтов от природы [Кундиус, 2010].

За рубежом подобный подход определяется как «Nature-based solutions – NBS» – антропогенные вмешательства, вдохновлённые и движимые природой, решающие социальные проблемы, предоставляющие многочисленные услуги/выгоды, включая увеличение биоразнообразия, обладающие высокой экономичностью [Sowińska-Świerkosz, García, 2022].

В сельскохозяйственном секторе подход NBS основан на использовании природных процессов или элементов для улучшения естественных (природных) явлений в агроландшафтах, увеличения средств к существованию фермеров и активизации других социально-культурных функций во времени и пространстве. Этот подход включает зелёную инфраструктуру (полосы многолетних трав, живые изгороди, террасы с использованием природных материалов) и мелиорацию с полезной биохимической, биологической или микробиологической функциями и выгодой от сохранения видов и связывания углерода [Simelton et al., 2021].

Следовательно, при NBS подходе в сельских условиях признаётся допустимость инженерно-технических (или «серых») вмешательств (дамбы, каналы, коллекторы, трубопроводы, насосные станции, водозаборы, другие мелиоративные сооружения) при преимуществе «зелёных» решений [Seddon et al., 2020], в частности – агролесоводства (агролесомелиорации).

Поэтому, целью подготовки статьи является: определение основных принципов создания природоподобных агролесомелиоративных систем с разработкой визуальной модели, представляющей действия (решения) скопированные с природы или стимулирующие близкие к природе процессы для оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследований явились агролесомелиоративные системы, повышающие возможности сельскохозяйственных технологий адаптироваться к изменению климата и обеспечивать многочисленные экологические, социальные и экономические преимущества благодаря их схожести с естественными экосистемами.

Научно-методические возможности исследования таких систем ограничены в регионах, подверженных засухе (например, на юге Индии) [Telwala, 2022].

Методы наших исследований основаны на обзоре и анализе литературных источников с системным анализом проблемы природоподобия агролесомелиорации (агролесоводства), при концептуальном подходе автора работы, основанном на выборе биотических и биокосных и других «зелёных» составляющих элементов агролесомелиоративных систем с определением принципов природоподобия и построением визуальной модели.

При этом, использовали наш опыт анализа визуальных моделей, представляющих метафоры определённых идей агролесомелиорации земель [Ивонин, 2020].

## Результаты и их обсуждение

Из всех типов мелиорации (гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая и химическая мелиорации) агролесомелиорация или агролесоводство наиболее близко к природе. Относительно устойчивые неравновесные агролесомелиоративные системы обычно формируются набором биотических, биокосных и простейших гидротехнических элементов. Уточняя этот набор, дополнительно включаем в него элементы биоремедиации и культуртехнической подготовки земель, технологий «зелёного» земледелия, включая элементы сложных ГТС – сопрягающие сооружения, дамбы, каналы и др. (рис. 1).



Рис. 1. Элементы, участвующие в формировании природоподобия агролесомелиоративных систем  
Fig. 1. Elements involved in the formation of the nature similarity of agroforestry systems

Природные биотические элементы агролесомелиоративных систем включают региональные лесные массивы, начиная от водораздельных и водоохранных лесов, и заканчивая группами древесной растительности и естественными травянистыми сообществами. Они организуют ландшафтное пространство в виде агролесомелиоративного каркаса региона, где сосредоточено уникальное биоразнообразие, хранится генофонд биоты, находятся основные пути расселения биоты, формируются дивергентные потоки энергии, вещества и информации.



Лесные насаждения этого каркаса способны к самоорганизации (рост, развитие, самоподдержание и самоуправление), когда они уплотняются или изреживаются, снижаются или повышаются годовые приросты по высоте и диаметру, формируется лесная подстилка и живой напочвенный покров, воспроизводится древесина, плоды, ягоды, грибы и лекарственное сырьё, заселяются инвазивные или/и отпадают определённые аборигенные виды и др.

Созданные человеком биотические элементы включают: полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные, приовражные, пастбищезащитные, садозащитные и государственные защитные лесные полосы; прифермские и мелиоративно-кормовые насаждения, древесные зонты, затишки и оазисные насаждения; технологии «зелёного» земледелия; череполосное (кулисное) облесение и травосеяние, в т. ч. – полосное размещение трав, посева сидератов, галофитов и др.

Стратегия «зелёного» земледелия и травосеяние повышают чувствительность агролесомелиоративных систем даже к незначительным изменениям окружающей среды. Это способствует получению дополнительной продукции растениеводства, садоводства и животноводства при мелиорации компонентов аграрной среды.

Созданные человеком биотические элементы, как правило, управляются извне (подбор породного состава лесных насаждений, регуляция их фитонасыщенности, дополнение лесных культур, лесоводственные уходы, санитарные, восстановительные и другие рубки, состав травосмесей и пр.) для соответствия подвижных характеристик (параметров) полей мелиоративного воздействия лесохозяйственных урочищ (приземная температура и относительная влажность воздуха, режим водного и минерального питания почв и др.) приспособительным возможностям культивируемых растений и выпасаемых животных.

Такие возможности усиливаются при селекционном отборе видов культурных растений с учётом амплитуды параметров полей воздействия лесохозяйственных урочищ и адаптации растениеводческих технологий к ландшафтной сфере.

Биокосные решения объединяют грунтово-хворостяные, фашинные или габионные донные запруды, другие сооружения из природного камня, ветвей и почвогрунта, а также – склоновые решётки из дерева (заполненные почвогрунтом) или из стеблей кукурузы. В эту группу включены также простейшие земляные сооружения (распылители стока, валы, валы-каналы, террасы и др.), мероприятия биоремедиации (ризофилтрация, фитоаккумуляция и фиторемедиация) – очистка (восстановление) почв и вод с помощью живых организмов, для этого используются биоплато, биопруды, гидрботанические площадки в балках и др. Сюда же относят культуртехнические работы по подготовке земель к хозяйственному использованию (выполаживание оврагов с последующей фитомелиорацией подготовленной площади, внесение в почву зелёного удобрения, компостов, соломы, местных органических удобрений, гипсование и др.).

Анализ объединения биотических (природных и антропогенных), биокосных, биоремедиационных и культуртехнических решений позволяет определить три основных принципа природоподобия систем агролесомелиорации (рис. 2): копирование природных процессов, оказание экосистемных услуг, получение экономических и социальных выгод, хозяйственное стимулирование природных процессов.

Принцип копирования природных процессов характеризуется следующими признаками: соблюдение экологических принципов естественных экосистем, адаптация лесных насаждений к факторам среды и одновременное адаптирование этих факторов, биологические круговороты с воспроизводством природных ресурсов.

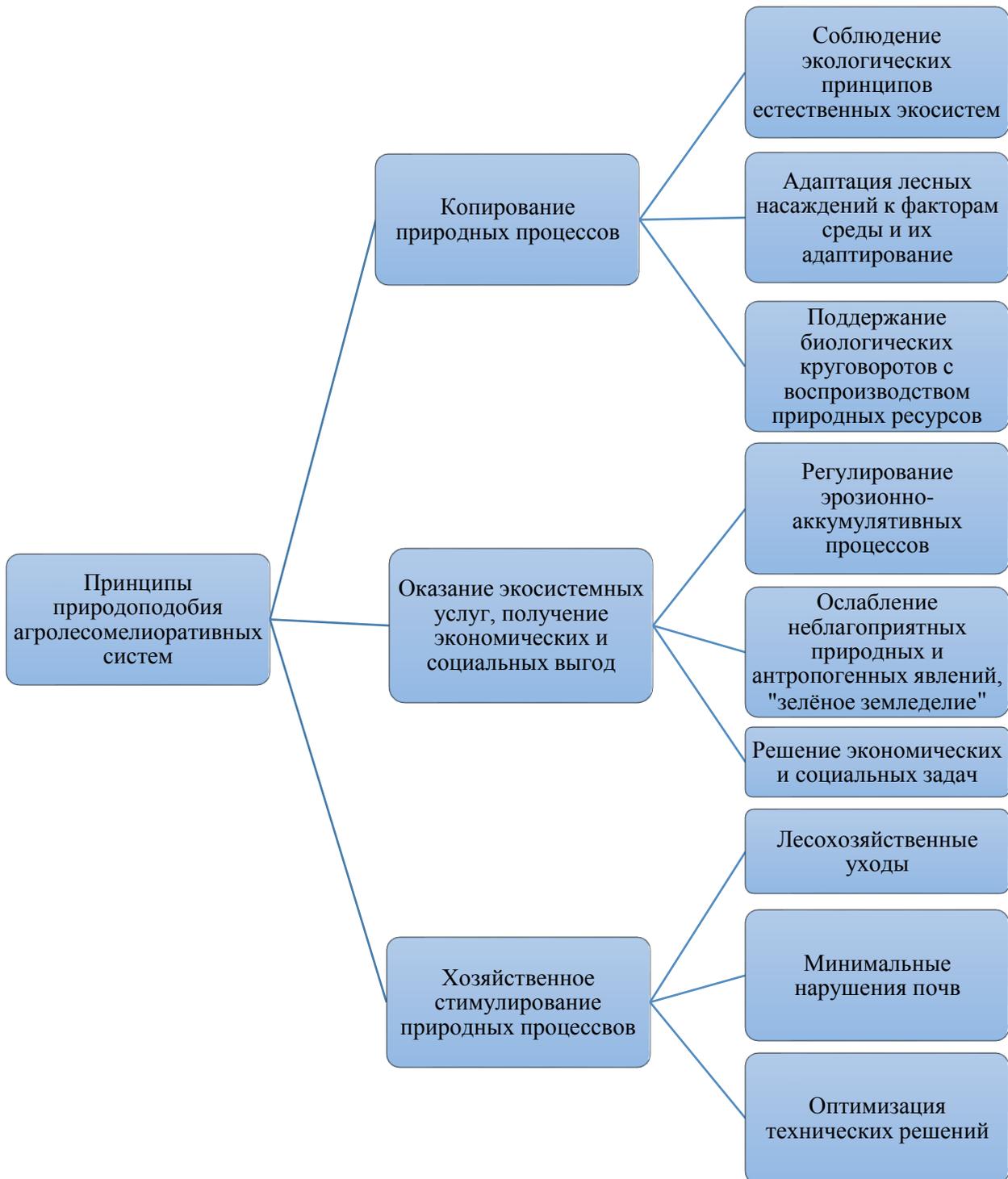


Рис. 2. Принципы природоподобия агролесомелиоративных систем  
Fig. 2. Principles of nature similarity of agroforestry systems

Соблюдение экологических принципов, которые наблюдаются в естественных экосистемах, обеспечивает саморегуляцию агролесомелиоративных систем, региональное биоразнообразие, напряжённость (интенсивность) вещественно-энергетических проявлений лесных насаждений, способствующих их мелиоративному воздействию, которое может быть реализовано (частично или полностью) лесоаграрным ландшафтом или остаться невостребованным [Ивонин, 2019].



Адаптация лесных насаждений к факторам среды – это непрерывный процесс, в ходе которого одни древесные виды интенсивно наращивают стволовую биомассу, другие – рано суховершинят и вегетативно разрастаются, третьи – выпадают из состава насаждений. Это связано с несоответствием факторов среды устойчивости определённых древесных видов.

Практикуют подбор видов, обладающих эволюционной памятью, связанной с параметрами природной среды биогеографического региона. Это приводит в действие гомеостатические механизмы лесного сообщества при возмущениях среды (морозы, засухи и суховеи, пыльные бури). Древесные виды с высоким потенциалом адаптации приспособляются к возмущениям среды и изменяют их в пределах своего воздействия.

К изменённым параметрам среды в ответственных фазах вегетации адаптируются виды, гибриды и сорта агроценозов, стремящиеся перейти в состояние, когда вред от возмущений среды сводится к минимуму.

Биологический круговорот в экосистеме – это поступление химических элементов из компонентов среды (почвы, воды, атмосферный воздух) в живые организмы, образование в них новых сложных соединений и возвращение исходных элементов обратно в компоненты среды. Под воздействием фотосинтеза образуется органическое вещество и выделяется свободный кислород. Циклы биологического круговорота в агролесосистемах не завершены.

Незавершённость биологического круговорота лесного типа определяется тем, что древесина в насаждениях изымается из годового цикла, являясь основным хранилищем углерода. Кроме этого, трансформация, минерализация и гумификация лесной подстилки (с помощью беспозвоночных животных и микроорганизмов) способствует незамкнутости цикла углерода в лесных почвах и его консервации в форме гумуса.

Лесные ресурсы, получаемые при лесном типе круговорота, кроме древесины, включают: древесные соки (получаемые при подсочке берёзы), дикорастущие плоды, орехи, ягоды и грибы, лекарственное и техническое сырьё, корма для скота, мхи (вспомогательный строительный материал), промысловые объекты животного мира и продукты их жизнедеятельности.

В агроценозах незавершённость циклов круговорота определяется тем, что отчуждается с урожаем часть химических элементов, а также – происходят их потери с местным стоком и эрозией почв.

Так как интенсивность биологического круговорота определяется приростом фитомассы агроценоза на единице площади за единицу времени, то повышенную интенсивность представляют те части агроценозов, которые размещены в пределах полей мелиоративного влияния (воздействия) лесохозяйственных урочищ. Здесь формируются максимальные урожаи и коэффициенты гумификации (процентное содержание углерода органических остатков при их полном разложении, включившегося в гумус почвы).

Незавершённость биологического круговорота на межполосных полях пытаются завершить внесением удобрений, сохранением растительных (пожнивных) и корневых остатков, компенсацией минерализованного гумуса в почве, проведением противоэрозионных мероприятий и др.

Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод основывается на: регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов, ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных, техногенных явлений, технологиях «зелёного земледелия», решениях экономических и социальных задач.

Эрозионно-аккумулятивные процессы регулирует противоэрозионная агролесомелиорация – создание стокорегулирующих (в необходимых случаях в сочетании с простейшими земляными сооружениями) и прибалочных (приовражных) лесных полос на склонах для регулирования поверхностного стока, предупреждения эрозии и активизации аккумуляции взвешенных и влекомых почвенных частиц, повышения эффективного использова-

ния ресурсов естественного увлажнения, а также мелиоративных защитных лесных насаждений в гидрографической сети (при необходимости в сочетании с донными запрудами и другими сооружениями) и насаждений по берегам водных объектов или на песках.

Неблагоприятные природные (пыльные бури, засухи, суховеи, метели и др.), антропогенные (заболочивание и/или засоление земель, бесконтрольное использование природных ресурсов и сбросы бытовых отходов, уничтожение птиц и животных и др.) и техногенные (загрязнения почв и водных объектов радиоактивными и промышленными отходами, транспортными выбросами) явления на сельскохозяйственных землях ослабляют полезащитная (создание полезащитных лесных полос по границам земель сельскохозяйственного назначения и полевых участков, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции) и пастбищезащитная (создание мелиоративных защитных лесных насаждений на пастбищах) агролесомелиорации, а также мероприятия биоремедиации и культуртехнической подготовки земель.

Кроме этого, полезащитная агролесомелиорация благоприятствует стратегии «зелёного земледелия».

Эта стратегия осуществляется через переход от традиционных «серых» технологий земледелия, ориентированных на максимальное использование природных ресурсов, на природоподобные или «зелёные» технологии, которые являются долгосрочным видом ресурсосбережения [Гусев, 2020].

Решение экономических задач обеспечивает многофункциональность агролесомелиоративных систем (АЛМС), способствуя: повышению качества урожая и производительности сельскохозяйственных культур, получению дополнительного дохода от лесных ресурсов (удовлетворение потребностей фермерских хозяйств в низкотоварной древесине, кормах для скота, технологической щепе, продуктах пчеловодства и др., а для местного населения – в дикорастущих грибах, плодах, ягодах и дичи), предотвращению ущерба от эрозии и загрязнения почв и вод, высокой отдаче затрат на создание мелиоративных лесных насаждений. Подобную точку зрения на экономику агролесомелиорации разделяют и другие исследователи [Щербакова и др., 2008].

Социальные задачи агролесомелиорации решаются при удовлетворении рекреационного спроса, потребностей общества в качественных продуктах потребления, общем повышении уровня жизни населения.

Существует мнение, что системы агролесомелиорации – это универсальные средства оптимизации агроландшафтов, позволяющие превратить их в устойчивые многофункциональные социоприродо-хозяйственные системы особого типа с мощной энергией воздействия на среду [Кузьмина, 2004].

Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов определяют: лесохозяйственные уходы за насаждениями, минимальные нарушения почв, оптимизация культуртехнических решений (их согласованность с требованиями охраны природы).

Лесохозяйственные уходы проводят для:

- улучшения возрастной структуры, породного состава, повышения качества и устойчивости насаждений;
- сохранения и усиления защитных, водоохраных, санитарно-гигиенических свойств насаждений;
- поддержания и восстановления биологического разнообразия;
- повышения продуктивности насаждений;
- сокращения сроков выращивания спелой древесины;
- рационального использования ресурсов древесины.



При этом, в агролесомелиоративных насаждениях проводят следующие виды ухода (Приказ Минприроды РФ № 534)<sup>1</sup>:

- рубки осветления (улучшение породного и качественного состава молодняков и условий роста деревьев);
- рубки прочистки (регулирование густоты насаждений и улучшение условий роста деревьев, а также для продолжения формирования породного и качественного состава молодняков);
- рубки прореживания (создание в насаждениях благоприятных условий для формирования стволов и крон деревьев главной породы);
- рубки сохранения насаждений (сохранение, поддержание спелых и перестойных насаждений в состоянии эффективного выполнения своих функций, накопления качественной древесины, увеличения плодоношения);
- рубки обновления перестойных, спелых и в утрачивающих целевые функции приспевающих древостоев (для создания благоприятных условий роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении);
- рубки переформирования средневозрастных и более старшего возраста древостоев (для коренного изменения их состава, структуры, строения путём регулирования соотношения составляющих насаждение элементов леса и создания благоприятных условий роста деревьев главных пород, поколений, ярусов);
- рубки реконструкции, проводимые в целях удаления малоценных лесных насаждений или их частей для подготовки условий для проведения посадки, посева ценных лесообразующих пород, мер содействия естественному возобновлению насаждений;
- ландшафтные рубки, направленные на формирование, сохранение, обновление, реконструкцию лесных рекреационных ландшафтов и повышение их эстетической, оздоровительной ценности и устойчивости.

Минимальные нарушения почв на полях среди мелиоративных лесных насаждений обеспечивает стратегия «зелёного» земледелия: переход к мульчирующим системам обработок, при которых биологически активный слой пашни поддерживают пожнивные остатки основных культур севооборота и биологическая масса промежуточных культур, технологии No-till, исключая механические обработки почвы и предлагающие гербицидно-кулисные пары, создание мульчи из растительных остатков, уборку колосовых культур на высоком срезе стерни, прямой посев анкерными (долотообразными) сошниками, точные технологии обработок, которые разделяют каждое межполосное поле на единицы управления для формирования индивидуального агролесомелиоративного режима. Это сохраняет исходные физические свойства (порозность и водопроницаемость, водный и воздушный режимы) и агробиологическое состояние почвы (бездефицитный баланс гумуса, микробиологическая активность).

Согласованность решений с требованиями охраны природы необходима при осуществлении культуртехнических работ: выравнивание поверхности (например, выполаживание оврагов и формирование на образованных склонах, под фитомелиоративным влиянием, эмбриональных и слаборазвитых почв); раскорчёвка пней, ликвидация кочек и уборка камней (до глубины 0,4 м); известкование, фосфоритование, гипсование и др. Следует исключать из планов проведения культуртехнических работ участки с охраняемой фауной и флорой. На объектах, где обитают промысловые птицы и звери, необходимо согласовывать культуртехнические работы с органами охраны природы и охотхозяйствами с учётом биологических циклов видов животных, обитающих на мелиорируемых землях.

<sup>1</sup> Об утверждении правил ухода за лесами: Приказ Минприроды РФ от 30.07.2020 № 534. Электронный ресурс. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=381167> (дата обращения: 20.01.2023).

Принципы природоподобия легли в основу построения визуальной модели природоподобия агролесомелиоративной системы (рис. 3).

Согласно данным рис. 3, природоподобие АЛМС определяют действия (решения) скопированные с природы или стимулирующие близкие к природе процессы, обеспечивающие меньшее производство энтропии, оказывающие экосистемные услуги и приводящие к экономическим и социальным выгодам.

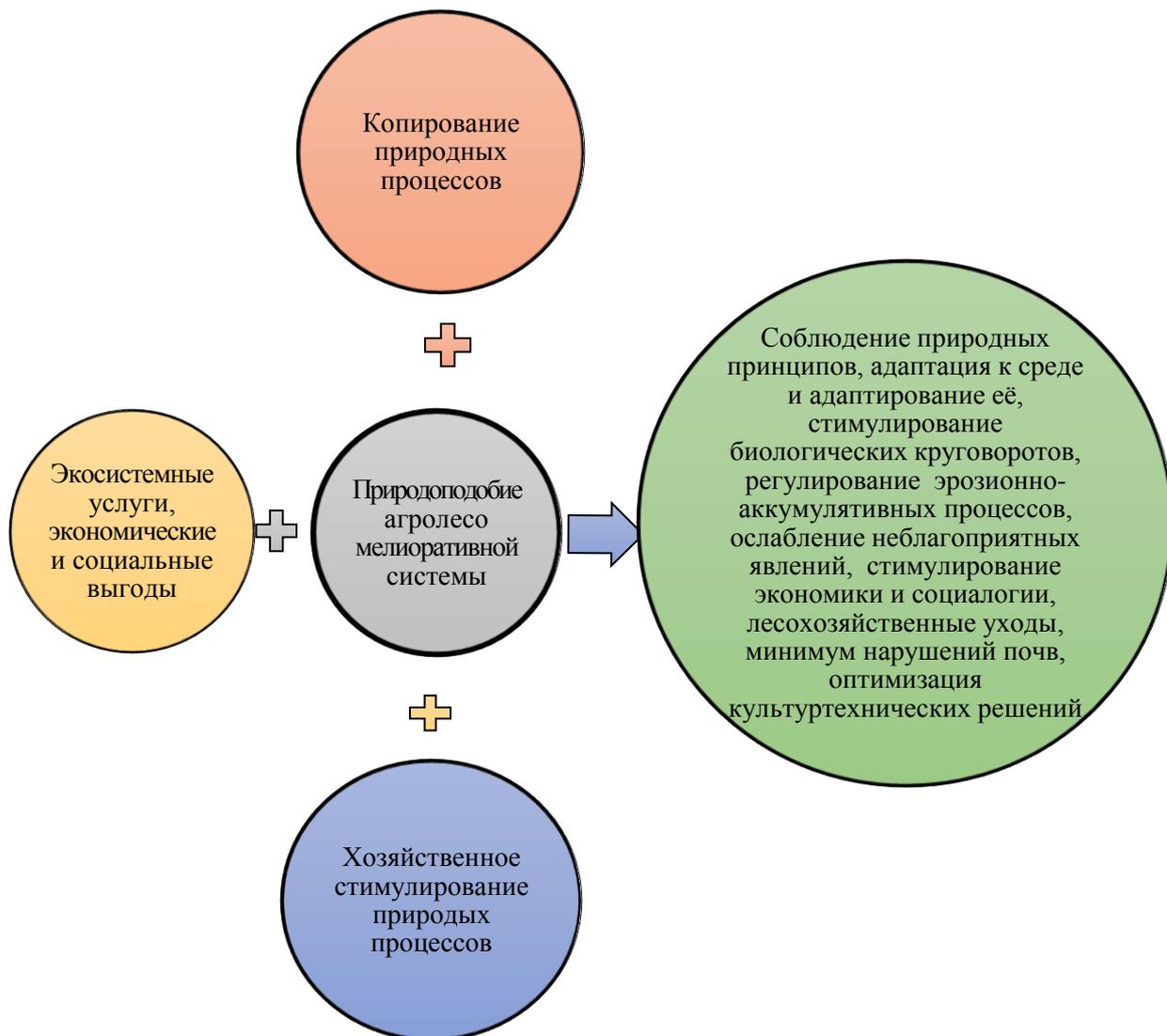


Рис. 3. Визуальная модель природоподобия агролесомелиоративной системы  
Fig. 3. Visual model of the nature similarity of the agroforestry system

Эти действия обеспечивают: возможности саморегуляции лесоаграрных систем, их адаптации к окружающей среде биогеографического региона и адаптирование компонентов этой среды для возделываемых культур, регулирование циклов биологических круговоротов и эрозионно-аккумулятивных процессов, ослабление неблагоприятных природных, ан-



тропогенных и техногенных явлений, решение экономических и социальных задач, проведение лесохозяйственных уходов, минимум нарушений почв, оптимизацию культуртехнических решений (согласованность с требованиями охраны природы).

### Заключение

Природоподобие агролесомелиоративной системы (АЛМС) поддерживают: биотические (природные и созданные человеком) и биокосные (созданные человеком из натуральных компонентов – камней, грунта, ветвей и др.) решения, а также – технологии «зелёного» земледелия. В состав таких систем могут входить элементы культуртехнической подготовки земель и биоремедиации.

Определены основные принципы создания природоподобных агролесомелиоративных систем: копирование природных процессов, оказание экосистемных услуг, получение экономических и социальных выгод, хозяйственное стимулирование природных процессов.

Принцип копирования природных процессов включает: соблюдение экологических принципов, которые присущи естественным экосистемам, обеспечение саморегуляции агролесомелиоративных систем, региональное биоразнообразие, напряжённость (интенсивность) вещественно-энергетических проявлений лесных урочищ; адаптацию лесных насаждений к факторам среды и одновременное адаптирование этих факторов для агроценозов, поддержание биологических круговоротов с воспроизводством природных ресурсов. Соблюдение экологических принципов естественных экосистем в основном обеспечивается: ранжированием агролесомелиоративных систем, породным составом насаждений, соответствующим условиям среды; схемами смешения и размещения древесных пород, глубиной проникновения и шириной охвата корневыми системами почвенного профиля, массой опада и другими процессами формирования лесной подстилки и аккумуляции биогенных элементов, биоразнообразием – видовым и экосистемным, особенностями технологий «зелёного» земледелия.

Адаптация лесных насаждений связана с ростом и развитием древесных видов в соответствии с факторами среды биогеографического региона. Одновременно происходит (с помощью гомеостатических механизмов лесных сообществ) биотическое регулирование среды для агроценозов (в ответственных фазах вегетации видов, гибридов и сортов), когда они приспособляются к возмущениям среды в пределах мелиоративного воздействия лесных насаждений.

Поддержание биологических круговоротов АЛМС осуществляют проведением хозяйственных мероприятий, способствующих оптимизации их циклов: в лесных насаждениях накоплением качественной древесины (хранилище углерода) и увеличением плодоношения древесных видов, на межполосных полях – внесением минеральных удобрений, сохранением растительных (пожнивных) и корневых остатков, компенсацией минерализованного гумуса в почве, проведением противоэрозионных мероприятий и др.

Принцип оказания экосистемных услуг, получения экономических и социальных выгод осуществляется при регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов, ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных и техногенных явлений, осуществлении стратегии «зелёного» земледелия, решении экономических и социальных задач.

Экосистемные услуги оказываются при регулировании эрозионно-аккумулятивных процессов (в основном за счёт противоэрозионной агролесомелиорации) и ослаблении неблагоприятных природных, антропогенных и техногенных явлений (за счёт полезащитной и пастбищезащитной агролесомелиорации), а также – технологий «зелёного» земледелия, биоремедиации и культуртехнической подготовки земель.

Экономические задачи решают за счёт многофункциональности агролесомелиоративных систем, которая способствует: повышению урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции, дополнительному доходу от лесных ресурсов, предотвращению

ущерба от эрозии и загрязнения почв и вод, высокой отдаче капитальных затрат. Социальные задачи решаются удовлетворением потребностей общества в качественных продуктах потребления, рекреационном спросе и повышении уровня жизни сельского населения.

Принцип хозяйственного стимулирования природных процессов определяется лесохозяйственными уходами, минимальными нарушениями почв, оптимизацией технических решений (их согласованностью с требованиями охраны природы).

Лесохозяйственные уходы проводят с целью: улучшения возрастной структуры, породного состава, повышения качества, устойчивости и продуктивности насаждений, сохранения и усиления их защитных, водоохраных, санитарно-гигиенических функций, поддержания и восстановления биологического разнообразия, рационального использования ресурсов древесины и др.

На полях среди лесных урочищ минимальные нарушения почв обеспечивает стратегия «зелёного» земледелия (переход к мульчирующим системам обработок, технологиям No-till и технологиям точных обработок) и травосеяние.

Культуртехнические решения необходимо оптимизировать (согласовывать с требованиями охраны природы).

Результатом работы стало представление визуальной модели природоподобия АЛМС. Её определяют действия (решения), копирующие природные или стимулирующие близкие к ним процессы, которые несут меньше разрушений в биосферу, оказывают экосистемные услуги, а также экономически и социально выгодны

### Список литературы

- Вернадский В.И. 2004. Биосфера и ноосфера. М., Айрис Пресс, 573 с.
- Гусев Е.М. 2020. Эволюция технологий в земледелии: от «серых» до «зеленых». Аридные экосистемы, 26 (1(82)): 3–12.
- Елизаров А.В. 1998. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века. Степной бюллетень, 2–4: 23–35.
- Ивонин В.М. 2019. Анализ мелиоративного потенциала лесоаграрного ландшафта. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2(34): 51–67. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67
- Ивонин В.М. 2020. Визуальная модель системы лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 3(39): 68–82. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ивонин В.М. 2022. Теоретическая концепция совершенствования мелиоративных систем. Региональные геосистемы, 46(3): 322–338. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-322-338
- Кирейчева Л.В. 2011. Подходы к инновационному развитию комплексных мелиораций агроландшафта. В кн.: Инновационные технологии в мелиорации. Костяковские чтения; материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 13 апреля 2011. М., Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации: 100–108.
- Кузьмина Т.С. 2004. Агролесомелиорация – стратегия эколого-экономической оптимизации аридных ландшафтов Нижнего Поволжья. Известия Волгоградского государственного педагогического университета, 4(9): 113–119.
- Кундиус В.В. 2010. Роль агролесомелиорации в повышении экологической устойчивости и экономической эффективности агроландшафтов. Природообустройство, 4: 92–95.
- Михин В.И., Михина Е.А. 2014. Агролесомелиорация в условиях адаптивно – ландшафтного земледелия Центрального Черноземья. Современные проблемы науки и образования, 6: 1652.
- Новиков Д.В., Исаев А.С. 2012. Формирование экологического каркаса территории при землеустройстве. Природообустройство, 2: 7–12.
- Панов В.И. 2018. Ландшафтно-географическая методология (географический принцип В.В. Докучаева) ресурсного управления и преобразования степного незащищённого агроландшафта в улучшенный природоподобный противозерозионный агроландшафт лесостепного типа. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 20 (2–3(82)): 511–528.



- Поляков В.В. 2021. Роль природоподобных технологий в обеспечении воспроизводства природно-ресурсного капитала сельскохозяйственной сферы. Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), 3(75): 49–54.
- Щербакова Л.Б., Корнеева Е.А., Колоссов И.И. 2008. Эффективность капитальных вложений в защитное лесоразведение Нижнего Поволжья. В кн.: Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации. Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 23–26 сентября 2008. Волгоград, ВНИАЛМИ: 55–58.
- Seddon N., Daniels E., Davis R., Chausson A., Harris R., Hou-Jones X., Huq S., Kapos V., Mace G.M., Rizvi A.R., Reid H., Roe D., Turner B., Wicander S. 2020. Global Recognition of the Importance of Nature-Based Solutions to the Impacts of Climate Change. *Global Sustainability*, 3: E15. DOI:10.1017/sus.2020.8
- Simelton E., Carew-Reid J., Coulier M., Damen B., Howell J., Pottinger-Glass Ch., Tran H.V., Van Der Meiren M. 2021. NBS Framework for Agricultural Landscapes. *Frontiers in Environmental Science*, 9: 678367. DOI: 10.3389/fenvs.2021.678367
- Sowińska-Świerkosz B., García J. 2022. What are Nature-Based Solutions (NBS)? Setting Core Ideas for Concept Clarification. *Nature-Based Solutions*, 2: 100009. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100009
- Telwala Y. 2022. Unlocking the Potential of Agroforestry as a Nature-based Solution for Localizing Sustainable Development Goals: A Case Study from a Drought-Prone Region in Rural India. *Nature-Based Solutions*, 3: 100045. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100045

## References

- Vernadskii V.I. 2004. *Biosfera i noosfera [Biosphere and Noosphere]*. Moscow, Publ. Airis Press, 573 p.
- Gusev E.M. 2020. Evolution of Agricultural Technologies: from “Gray” to “Green”. *Arid Ecosystems*, 10(1): 1–9 (in Russian). DOI: 10.1134/S2079096120010060
- Elizarov A.V. 1998. *Ekologicheskii karkas – strategiya stepnogo prirodopolzovaniya XXI veka [Ecological Framework – the Strategy of Steppe Environmental Management of the XXI Century]*. *Stepnoi byulleten*, 2–4: 23–35.
- Ivonin V.M. 2019. Forest Landscape Reclamation Potential Analysis. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*, 2(34): 51–67 (in Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-51-67
- Ivonin V.M. 2020. Visual Model of Forest Reclamation System of Natural Anthropogenic Landscapes. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*, 3(39): 68–82 (in Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ivonin V.M. 2022. Theoretical Concept in Behalf of Improvement Ameliorative Systems. *Regional Geosystems*, 46(3): 322–338 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-322-338
- Kireicheva L.V. 2011. Approaches to the Innovative Development of Complex Land Reclamation Agrolandscape. In: *Innovative technologies in melioration. Kostyakov readings; materials of the International scientific-practical conference. Moscow, April 13, 2011. Moscow, Publ. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut gidrotekhniki i melioratsii: 100–108 (in Russian)*.
- Kuzmina T.S. 2004. *Agrolesomeliyatsiya – strategiya ekologo-ekonomicheskoi optimizatsii aridnih landshaftov Nijnego Povoljya [Agroforestry – a Strategy for Ecological and Economic Optimization of Arid Landscapes in the Lower Volga Region]*. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 4(9): 113–119.
- Kundius V.V. 2010. The Role of Agricultural Afforestation in Increasing Ecological Stability and Economic Efficiency of Landscapes. *Environmental Engineering*, 4: 92–95 (in Russian).
- Mikhin V.I., Mikhina E.A. 2014. Agroforestry in Condition of Adaptive Landscape System of Agriculture in the Central Black Earth Region. *Modern problems of science and education*, 6: 1652 (in Russian).
- Novikov D.V., Isaev A.S. 2012. *Formirovanie ekologicheskogo karkasa territorii pri zemleustroistve [Formation of the Ecological Frame of the Territory During Land Management]*. *Prirodoobustroistvo*, 2: 7–12.
- Panov V.I. 2018. The Landscape-Geographical Methodology (Geographica Principle of V.V. Dokuchaev) of Resource Management and Transformation of the Steppeunprotected Agricultural Landscape Into an Improved Nature-Like Anti-Erosion Agricultural Landscape of Forest-Steppe Type. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 20(2–3(82)): 511–528 (in Russian).

- Polyakov V.V. 2021. Role of Nature-Like Technologies in Ensuring the Reproduction of Natural Resource Capital of Agricultural Sector. Vestnik of Rostov State Economic University (RINH), 3(75): 49–54 (in Russian).
- Scherbakova L.B., Korneeva E.A., Kolosov I.I. 2008. Effektivnost kapitalnih vlojenii v zaschitnoe lesorazvedenie Nijnego Povoljya [Efficiency of Capital Investments in Protective Afforestation in the Lower Volga Region]. In: Zashitnoe lesorazvedenie, melioraciya zemel i problemi zemlevedeniya v Rossiiskoi Federacii [Protective Afforestation, Land Reclamation and Problems of Geography in the Russian Federation]. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, 23–26 September 2008. Volgograd, Publ. VNIALMI: 55–58.
- Seddon N., Daniels E., Davis R., Chausson A., Harris R., Hou-Jones X., Huq S., Kapos V., Mace G.M., Rizvi A.R., Reid H., Roe D., Turner B., Wicander S. 2020. Global Recognition of the Importance of Nature-Based Solutions to the Impacts of Climate Change. Global Sustainability, 3: E15. DOI:10.1017/sus.2020.8
- Simelton E., Carew-Reid J., Coulier M., Damen B., Howell J., Pottinger-Glass Ch., Tran H.V., Van Der Meiren M. 2021. NBS Framework for Agricultural Landscapes. Frontiers in Environmental Science, 9: 678367. DOI: 10.3389/fenvs.2021.678367
- Sowińska-Świerkosz B., García J. 2022. What are Nature-Based Solutions (NBS)? Setting Core Ideas for Concept Clarification. Nature-Based Solutions, 2: 100009. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100009
- Telwala Y. 2022. Unlocking the Potential of Agroforestry as a Nature-based Solution for Localizing Sustainable Development Goals: A Case Study from a Drought-Prone Region in Rural India. Nature-Based Solutions, 3: 100045. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100045

*Поступила в редакцию 31.01.2023;  
поступила после рецензирования 13.02.2023;  
принята к публикации 14.03.2023*

*Received January 31, 2023;  
Revised February 13, 2023;  
Accepted March 14, 2023*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Воскобойникова Инна Владимировна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

**Ивонин Владимир Михайлович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Inna V. Voskoboynikova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Plantations and Forest Park Management of the Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia

**Vladimir M. Ivonin**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry and Forest Melioration of the Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia