

МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-119-140

Мелиоративные системы: основы общей теории

Владимир Михайлович Ивонин

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, Ivoninfo@yandex.ru

Аннотация. Цель: разработать основы общей теории мелиоративных систем (ОТМС). Методы: системный подход, визуальное моделирование. Результаты. Иерархическое ранжирование мелиоративных систем на первом уровне представлено элементами, не связанными между собой, на втором – связи между элементами образуют простые технические или биотические мелиоративные системы. На третьем уровне простые системы объединяются в сложные, а на четвертом уровне сложные системы включаются в большие надсистемы мелиорации, которые скрепляются территориями, играющими роль мезоэкотонов регионального уровня (водораздельные и другие леса, луга и пастбища, ленты государственных лесополос и т. п.). Эти территории за счет функциональной активности на своих тектологических границах решают экологические проблемы мелиораций. Системы разного уровня занимают свое место в бассейновой ландшафтной структуре, скрепленной природной гидрографической сетью. При этом простые (обычно в пределах элементарных водосборов балок и ручьев) мелиоративные системы объединяются бассейнами водотоков i -го порядка в сложные мелиоративные системы, а сложные – в большие надсистемы мелиораций (в бассейнах средних или больших рек). Определены свойства, общие для всех мелиоративных систем: синергичность и функциональность; эмерджентность, надежность, восстанавливаемость; структурность, иерархичность, организованность; открытость, закрытость или комбинированность; целесообразное поведение, адаптивность, управляемость; обособленность, единство, интерактивность. **Выводы.** Основы ОТМС определяют иерархическое ранжирование технических и (или) биотических мелиоративных систем, элементы (подсистемы) которых взаимодействуют с окружающей средой и занимают свое место в бассейновой структуре ландшафтов, вовлеченной в мелиоративный процесс на мелиорируемых землях и на сопряженных территориях.

Ключевые слова: система, общая теория систем, мелиорация земель, мелиоративная система, свойства мелиоративных систем

Для цитирования: Ивонин В. М. Мелиоративные системы: основы общей теории // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 119–140. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-119-140>.

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Reclamation systems: the basics of general theory

Vladimir M. Ivonin

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, Ivoninfo@yandex.ru

Abstract. Purpose: to develop the basics of the general theory of reclamation systems (OTMS). **Methods:** system approach, visual modeling. **Results.** The hierarchical rating of reclamation systems at the first level is represented by elements that are not connected with each other, at the second one, connections between the elements form simple technical or biotic reclamation systems. At the third level, simple systems are joined into complex ones, and at the fourth level, the complex systems are included into large reclamation supersystems, which are fastened by territories that play the role of mesoecotones at the regional level (watershed forests and other forests, meadows and pastures, state forest belts, etc.). These territories, due to their functional activity on their tectological boundaries, solve the ecological problems of land reclamation. Systems of different levels take their place in the basin landscape structure, held together by a natural hydrographic network. At the same time, simple reclamation systems (usually within the elementary catchments of gullies and streams) are combined into complex reclamation systems by the basins of the watercourses, *i*-th order and the complex ones – into large reclamation supersystems (in the basins of medium or large rivers). The properties common to all reclamation systems have been determined: synergy and functionality; emergence, reliability, maintainability; structure, hierarchy, organization; openness, closeness or combination; appropriate behavior, adaptability, controllability; isolation, unity, interactivity. **Conclusions.** The basics of OTMS determine the hierarchical rating of technical and (or) biotic reclamation systems, the elements (subsystems) of which interact with the environment and take their place in the basin structure of landscapes involved into the reclamation process on reclaimed lands and adjacent territories.

Keywords: system, general theory of systems, land reclamation, reclamation system, properties of reclamation systems

For citation: Ivonin V. M. Reclamation systems: the basics of general theory. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):119–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-119-140>

Введение. Многие положения современных научных дисциплин основаны на тектологии (всеобщей организационной науке) А. А. Богданова [1], который обосновал идею единства строения и развития самых различных природных комплексов. Это послужило научно-методологической основой общей теории систем Л. фон Берталанфи [2, 3].

Были осознаны принципы функционирования любых типов, классов и видов систем, выявлены закономерности их функционирования и развития. Под системой (от лат. *systema*, целое, составленное из частей) стали понимать множество элементов, взаимосвязанных между собой, образующих единое целое, обладающее такими свойствами, которыми не обладают составляющие элементы. Элемент (от лат. *elementum* – первоначальное вещество) – часть системы (подсистемы), обладающая определенными свойствами. Взаимосвязи между элементами – это взаимообу-

словленности явлений, разделенных в пространстве и (или) во времени. Структурой системы считают сочетание составляющих элементов и связей между ними, обеспечивающее целостность системы при возмущениях окружающей среды [4–7]. Эти и другие понятия составляют основу категориальной базы общей теории систем, которая может существовать как совокупность системных подходов и как академическая дисциплина [8]. С помощью этой дисциплины может быть разработана универсальная теория научных исследований, позволяющая раскрыть множество научных проблем [9].

Развитие общей теории систем может дать представления о природе общей системологии (наука о системных инновациях и оптимизации систем) и системной инженерии (практическая реализация системных исследований) [10].

К дисциплинам системной инженерии относят мелиорацию земель, под которой понимают коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, агролесомелиоративных, химических, противозерозионных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий [11].

Для этой дисциплины предложена методология создания современных гидромелиоративных систем при точном земледелии [12]. В мелиоративных системах возможно использование других природоподобных технологий земледелия, имеющих большие перспективы при сохранении плодородия почв и создании экологизированных агроландшафтов [13].

Для оценки взаимодействия мелиоративных систем с окружающей (природной) средой используют понятие «благоприятный мелиоративный режим», критерием которого служит приращение и поддержание энергии в мелиорированной агроэкосистеме [14].

При оценке схем рекультивации открытых карьеров в Китае предложен комплексный метод оценки, основанный на теории принятия решений

по множеству признаков земледелия, лесного хозяйства и пастбищного животноводства [15].

Систему мелиоративно-земледельческих производительных сил рассматривают как целостную совокупность трех относительно самостоятельных подсистем: земледельческая (ведущее средство производства – земля или почва и сельскохозяйственные растения); гидромелиоративная система (вода как физический фактор природы становится составной частью почвы и превращается в физиологический элемент жизнедеятельности сельскохозяйственных растений); природно-территориальные комплексы различных рангов (геосистемы или ландшафты), вовлекаемые в мелиоративный процесс, как на мелиорируемых землях, так и на прилегающих территориях [16].

По СП 100.13330.2016 [17] мелиоративная система – это комплекс взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств, включая земельные участки в границах полосы отвода мелиоративной системы или гидротехнического сооружения (ГТС), обеспечивающих создание благоприятного водного, воздушного и теплового режимов почв и микроклимата на мелиорированных землях.

Мелиоративную (гидромелиоративную) систему федеральный закон [11] определяет как взаимосвязанный комплекс гидротехнических и иных сооружений и устройств (каналы, водохранилища, дамбы, насосные станции, водозаборы и др.) на мелиорированных землях для обеспечения необходимых водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв. В Федеральном законе «О мелиорации земель» и СП 100.13330.2016 [11, 17] отсутствуют термины, определяющие другие мелиоративные системы, например, агролесомелиоративные системы защитных лесных насаждений или лесных полос, которые представлены действующим ГОСТ 26462-85 [18].

Поэтому объектом научной дисциплины «Мелиорация земель» предложено считать иерархическую систему не только гидромелиоративных,

но и агролесомелиоративных, культуртехнических, химических и других мероприятий, которые отдельно или сочетаясь друг с другом обеспечивают эколого-экономическую и социальную адаптацию сельскохозяйственного землепользования к различным уровням ландшафтной структуры [19].

В связи с этим нуждаются в обосновании основные положения общей теории мелиоративных систем (ОТМС). В своей иерархии такие системы сверху замыкаются большой надсистемой мелиорации, а снизу – составляющими элементами, к которым относят гидромелиоративные сооружения, агролесомелиоративные насаждения, культуртехнические, химические и агротехнические мероприятия.

Гидромелиоративные сооружения и агролесомелиоративные насаждения относятся к группе главенствующих системообразующих элементов мелиораций, а химические и агротехнические мероприятия – к группе второстепенных элементов. Промежуточное положение между этими группами занимают культуртехнические мероприятия по подготовке земель к сельскохозяйственному производству.

Материалы и методы. Общая теория мелиоративных систем (ОТМС) является научно-методической основой улучшения земель с помощью различных мелиоративных мероприятий, применяемых отдельно и (или) совместно; обоснования иерархически соподчиненных мелиоративных систем, их эксплуатации, ремонта или восстановления и др.

Основы ОТМС разрабатываются при соблюдении определенных условий [18]:

- непротиворечивость положениям общей теории систем;
- мелиорации земель не вызывают диссонанса в агроэкосистемах;
- мелиоративная система на любом уровне иерархии является средством социальной и эколого-экономической адаптации аграрного землепользования к ландшафтной структуре, от фаций до ландшафтных зон;
- подсистемы мелиоративной системы в иерархии ландшафтной

структуры определяются типами (видами) мелиорации земель и (или) их сочетаниями;

- использование в мелиоративной системе технических элементов требует их биологизации.

Методологию ОТМС составляют системный, катенарно-бассейновый, сравнительный и другие подходы [20, 21], среди которых особо выделим визуальное моделирование – систематизацию графических представлений сложных понятий мелиорации земель для развития научной теории.

Результаты и обсуждение. Современная мелиоративная наука располагает концептуальной основой, позволяющей представить производство продукции на мелиорированных землях с помощью деятельно-техноприродных систем, имеющих одинаковый компонентный состав: человек, инженерные системы, природная среда, материальные ресурсы, управление [22]. Это предполагает иерархичность и сложность мелиоративных систем, требующих ранжирования. Иерархическое ранжирование инженерных (инженерно-биологических) мелиоративных систем представим в виде столбиковой диаграммы Венна (рисунок 1).

На первом уровне ранжирования мелиоративные мероприятия (элементы) не связаны между собой (рисунок 2), что на практике представлено отдельно расположенными гидромелиоративными сооружениями, лесными полосами, определенными культуртехническими, химическими или агротехническими мелиоративными приемами.

Второй уровень ранжирования представляет простые технические или биотические мелиоративные системы, состоящие из взаимосвязанных детерминированных элементов одного вида мелиораций. Простые технические системы – это совокупность связанных между собой технических и земледельческих подсистем, а простые биотические системы – лесохозяйственных и земледельческих подсистем.



Рисунок 1 – Иерархическое ранжирование систем мелиорации земель
Figure 1 – Hierarchical rating level of land reclamation systems



Рисунок 2 – Не связанные между собой элементы мелиорации земель (первый уровень ранжирования)
Figure 2 – Unrelated elements of land reclamation (the first rating level)

Например, простую техническую оросительную систему поверхностного полива образуют следующие структурные элементы: водоисточник, водозаборное сооружение, оросительная, водосборно-сбросная и дренажная сети, сооружения на сетях, поливная техника, средства автоматизации, управления и контроля, связи и электроснабжения, производственные и иные здания, дороги и др.

Эти структурные элементы можно сгруппировать следующим образом: водоисточник и водозабор, проводящая сеть, сооружения на сети, техника и устройства, постройки, дороги и др. Для визуального представления простой технической системы такую группировку следует дополнить земледельческой подсистемой (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема простой технической оросительной системы (второй уровень ранжирования)

Figure 3 – Scheme of a simple technical irrigation system (the second rating level)

Источниками необходимого количества воды (пригодной для орошения) могут быть реки (в естественном или зарегулированном состоянии), озера, пруды, водохранилища, скважины грунтовых вод. Водозабор (самотечный или механический) предназначен для забора воды из источника и подачи ее в оросительную систему.

Оросительная сеть кроме магистрального канала и распределителей разных порядков включает временную оросительную и распределительную сеть. ГТС на сети регулируют расходы и уровни воды в каналах, сопрягают отдельные участки сети в рельефе, осуществляют впуск и выпуск

воды. Водосборно-сбросная сеть предназначена для отвода стока талых и ливневых вод с территории мелиоративной системы, а также эксплуатационных сбросов воды из каналов. Дренажная сеть служит для снижения уровня грунтовых вод.

Земледельческая подсистема простой технической системы охватывает производственные, севооборотные и внесевооборотные участки, поливные участки и поля.

Простыми являются системы лиманного орошения (на незасоленных почвах), основными техническими элементами которых являются постоянные дамбы и при необходимости водосборные валы и водосборно-сбросные каналы. При наличии лесных насаждений (по границам депрессивных понижений рельефа и (или) границам обвалования) системы лиманного орошения усложняются.

Простую биотическую мелиоративную систему степной зоны (рисунок 4) обычно образуют основные и вспомогательные полезащитные лесные полосы, окаймляющие поля севооборотов. В системе могут присутствовать также отдельные куртины кустарников или деревьев, создающие солярную или ветровую тень.



Рисунок 4 – Схема простой биотической мелиоративной системы полезащитных лесных полос (второй уровень ранжирования)
Figure 4 – Scheme of a simple biotic reclamation system of field-protective forest belts (the second rating level)

Лесохозяйственными подсистемами могут являться и ленты государственных лесных полос, дубняки, липняки и другие леса среди степных лугов. В лесостепи Западной Сибири лесохозяйственные подсистемы составляют березовые или осиново-березовые колки.

Земледельческую подсистему простой биотической мелиоративной системы представляют поля севооборотов и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Единство лесохозяйственной и земледельческой подсистем достигается, с одной стороны, при мелиоративном воздействии на почвы и агроценозы, возникающем в результате реакции лесных сообществ на постоянно меняющиеся факторы окружающей среды, с другой – отбором в селекционном процессе культивируемых видов и адаптацией растениеводческих технологий к условиям межполосных полей.

Сложные системы (третий уровень ранжирования) обладают детализированными подсистемами и (или) исходными элементами разных видов мелиораций, одним или несколькими уровнями ранжирования мелиоративных систем.

Третий уровень ранжирования рассмотрим на примере организованной диаграммы сложной технической системы, фигурой помощника которой является подсистема культуртехнической подготовки земель к сельскохозяйственному использованию, а в состав оросительной системы дополнительно включена лесохозяйственная подсистема (рисунок 5).

Подсистему культуртехнической подготовки земель к сельскохозяйственному использованию составляет последовательный набор элементов (рисунок 6), необходимость каждого из которых определяется условиями окружающей среды.

Техническая подсистема обеспечивает подачу поливной воды (при наименьших ее потерях, соблюдении экологических ограничений и удовлетворении потребностей агроценозов), высокопроизводительное использование поливной техники и мелиорированной площади.

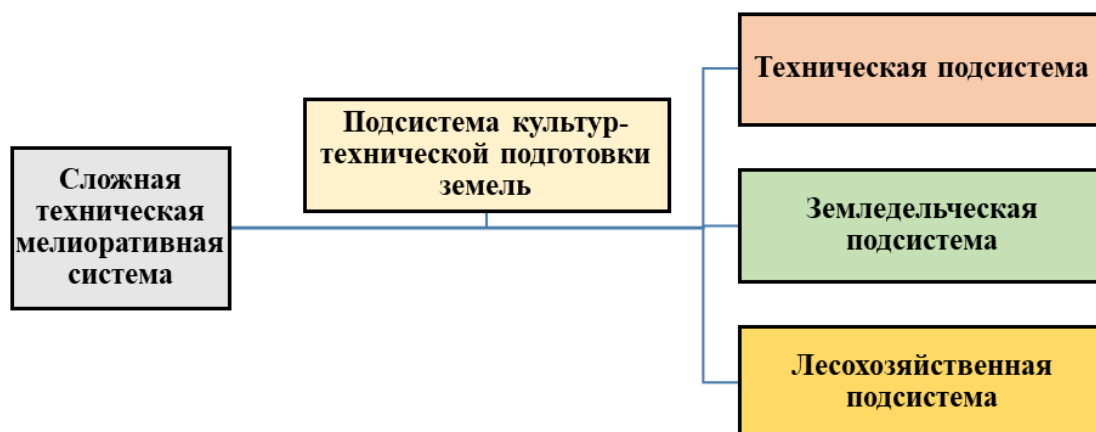


Рисунок 5 – Схема сложной технической мелиоративной системы (третий уровень ранжирования)

Figure 5 – Scheme of a complex technical reclamation system (the third rating level)

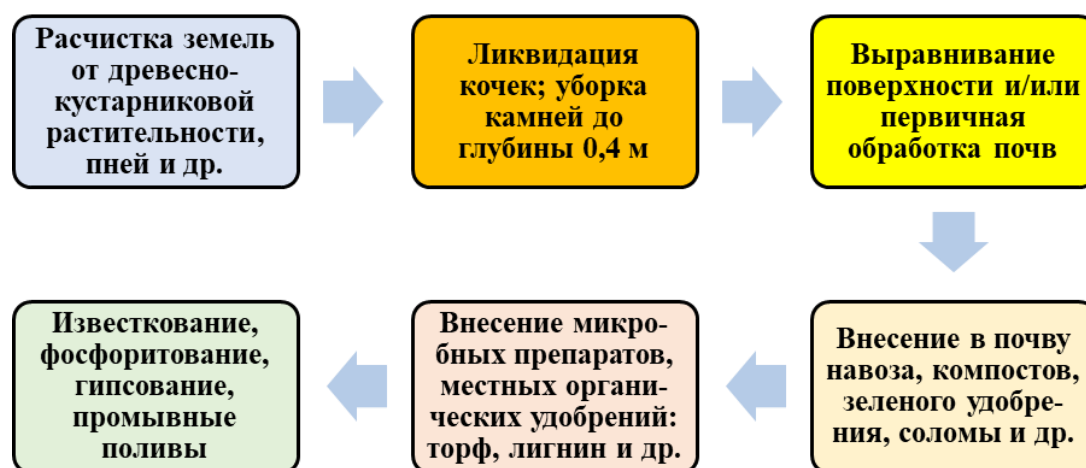


Рисунок 6 – Подсистема культуртехнической подготовки мелиорируемых земель к сельскохозяйственному использованию

Figure 6 – Subsystem of cultural and technical preparation of reclaimed lands for agricultural use

В основе земледельческой подсистемы лежат агротехнические приемы защиты почв от деградации: минимум механических обработок, внесение органоминеральных и минеральных удобрений для улучшения почвенной структуры, повышения емкости катионного обмена и буферной способности почвы, а также поддержания циклов «накопление – минерализация органического вещества», мульчирование поверхности почвы (при отсутствии покровных культур), экономия природных ресурсов, поддержание почвенного плодородия и др.

При этом диверсифицированные (по составу взаимодополняющих растений) севообороты включают бобовые культуры и многолетние травы.

Лесохозяйственную подсистему образуют: пограничные (лесные полосы по контуру оросительной системы), полевые защитные (полевые лесные полосы, размещение которых определяется видом орошения), приканальные (лесные полосы с одной или двух сторон каналов, в т. ч. вдоль сбросной сети и распределителей), аллейные лесные полосы и кулисы (вдоль дорог или на территориях орошаемых садов, питомников, плантаций), зеленые насаждения у жилых и производственных зданий, водозаборных и водосбросных сооружений и др.

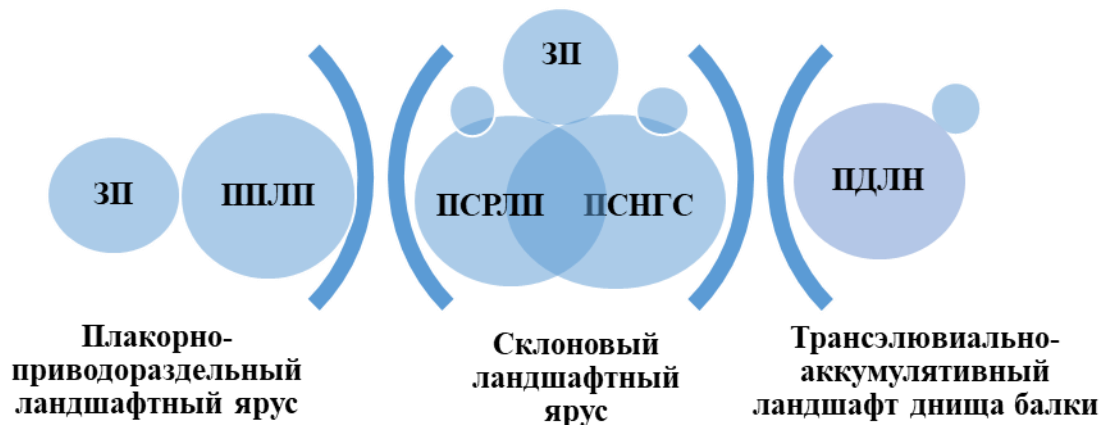
Эти насаждения выполняют функции дренажа, снижают испарение с водной поверхности и осуществляют защиту почв от ветровой эрозии и агроценозов – от чрезмерной солнечной инсоляции. Они способствуют биологизации технических элементов мелиоративной системы и адаптации технологических приемов земледелия к факторам окружающей среды.

Лесные полосы, аллейные и групповые посадки деревьев и кустарников составляют основу организованной природоподобной биоты. При этом в состав лесохозяйственной подсистемы на площади сложной технической системы и сопряженных территориях, находящихся под мелиоративным воздействием, могут включаться фрагменты локальной природной биоты – леса и луга особо охраняемых природных территорий и их охранных зон, водоохранные леса и др. Подобные территории могут составлять экотонные зоны между соседними сложными и (или) простыми техническими и (или) биотическими мелиоративными системами в пределах водосборов балок или бассейнов рек.

Сложная биотическая система мелиоративных лесных насаждений в пределах водосбора балки представлена на рисунке 7.

На склонах водосборов балок и речных бассейнов выделяют ландшафтные полосы (урочища и фации, объединенные одинаковыми уклона-

ми и физико-географическими процессами) и ярусы (смежные ландшафтные полосы, одного высотного положения и с однонаправленным катенарным потоком вещества и энергии).



ЗП – земельная подсистема: ППЛП – подсистема полезащитных лесных полос; ПСРЛП – подсистема стокорегулирующих лесных полос; ПСНГС – подсистема склоновых насаждений гидрографической сети; ПДЛН – подсистема донных лесных насаждений

ZP – agricultural subsystem: PPLP – subsystem of field protection forest belts; PSRLP – subsystem of runoff-regulating forest belts; PSNGS – subsystem of slope plantations of the hydrographic network; PDLN – subsystem of bottom forest plantations

Рисунок 7 – Сложная биотическая мелиоративная система защитных лесных насаждений балочного водосбора

Figure 7 – Complex biotic reclamation system of protective forest plantations of the gully catchment

В сложной биотической системе защитных лесных насаждений балочного водосбора (см. рисунок 7) плакорно-приводораздельный агроландшафтный ярус (господствующее высотное положение) занимает простая биотическая подсистема полезащитных лесных полос – ППЛП. Склоновый агроландшафтный ярус является местом размещения сложной подсистемы стокорегулирующих лесных полос – ПСРЛП (присетевая полоса склонового ландшафтного яруса) и подсистемы склоновых насаждений гидрографической сети – ПСНГС (гидрографическая полоса склонового ландшафтного яруса). Наложение друг на друга кругов ПСРЛП и ПСНГС (см. рисунок 7) визуально отображает прибалочную лесную полосу склонового яруса. Здесь также возможны технические элементы – валы или ва-

лы-каналы (по нижней опушке стокорегулирующих лесных полос), напашные или ступенчатые террасы на балочных склонах (на рисунке 7 обозначены малыми кругами).

Трансэлювиально-аккумулятивный ландшафт днища балки обычно занимает подсистема донных лесных насаждений – ПДЛН (байрачный лес, илофильтры, насаждение конуса выноса). На балочном днище также могут присутствовать сенокосно-пастбищные угодья и ГТС.

Сложные и простые технические и биотические мелиоративные системы могут объединяться большой надсистемой, один из вариантов которой представлен рисунком 8.

Образованию единства большой надсистемы мелиораций способствуют ландшафтно-геохимические катены (микроарены) и системы (мезо-, мега- и макроарены), которые через тектологические границы объединяют соседние мелиоративные системы, несмотря на уровни их ранжирования и виды мелиораций. Это единство содействует достижению основной цели мелиорации земель – повышению продуктивности и устойчивости агроландшафтов, гарантированному получению сельскохозяйственной продукции.

Единый контур большой надсистемы охватывает территории с доминированием аграрных ландшафтов за пределами тектологических границ составляющих мелиоративных систем, но находящиеся под их воздействием. Контур надсистемы может также включать территории (вне зон воздействия мелиоративных систем), организующие ландшафтное пространство: лесные массивы и перелески, ленты государственных лесополос, степные луга и пастбища, охраняемые природные территории и их охранные зоны, экологические коридоры и т. п. На этих территориях активность и сопротивляемость (по А. А. Богданову [1]) природных систем на своих тектологических границах (опушечная функция мезо- и макроэкотонов) решает возникающие экологические проблемы мелиораций.

При этом обеспечивается размножение, нагул и зимовка не только охраняемых, но и промысловых и хозяйственно ценных видов фауны и флоры, их безопасная миграция.

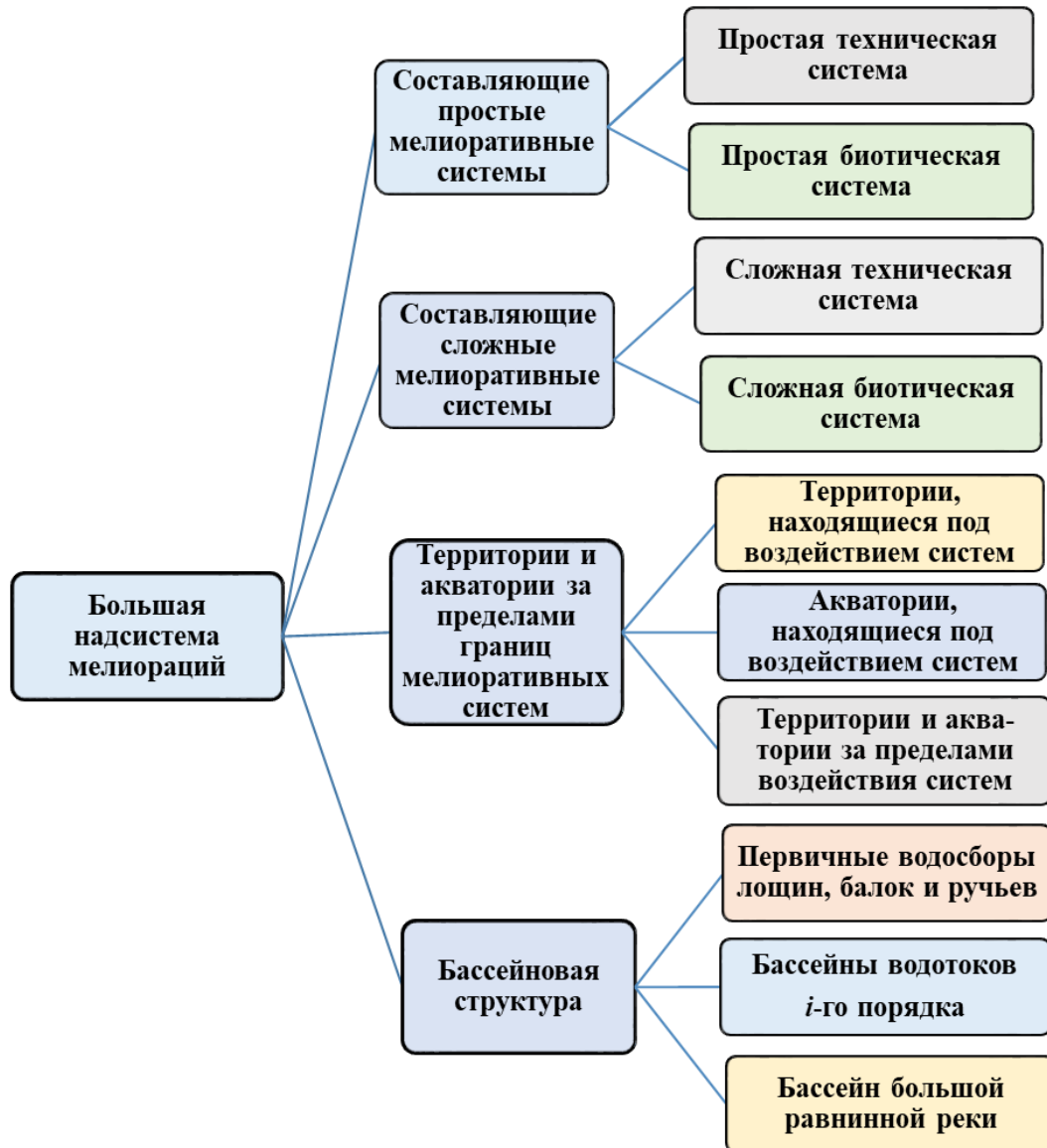


Рисунок 8 – Схема большой надсистемы мелиораций (четвертый уровень ранжирования)

Figure 8 – Scheme of a large reclamation supersystem (the fourth rating level)

Организации ландшафтного пространства большой надсистемы мелиораций способствуют ландшафтно-геохимические катены и системы (мезо-, мега- и макроарены) природной древовидной гидрографической сети, которая объединяет простые мелиоративные системы (в пределах

элементарных водосборов балок и ручьев) в сложные (бассейн водотока i -го порядка), а сложные – в надсистему мелиораций (бассейн средней или большой реки) [23].

Свойства любой системы лучше всего изучать, используя модельный подход [24]. Для изучения свойств мелиоративных систем нами использована визуальная модель в виде сходящейся диаграммы (рисунок 9), центральный круг которой символизирует общность свойств.



Рисунок 9 – Свойства мелиоративных систем
Figure 9 – Properties of reclamation systems

Первая прямоугольная фигура визуальной модели отображает: **синергичность** – максимальный эффект достижения поставленных перед мелиоративной системой целей, который определяется необходимой эффективностью составляющих элементов (подсистем); **функциональность** – проявление определенных функций системы с необходимой точностью – степенью соответствия между фактическими и заданными параметрами компонентов агросреды.

Вторая прямоугольная фигура представляет: **эмерджентность** – появление у системы таких свойств, которые не присущи составляющим

элементам (подсистемам); **надежность** – способность мелиоративной системы выполнять свои функции в заданном инварианте компонентов окружающей среды в течение определенного промежутка времени; **восстанавливаемость или ремонтпригодность** – способность составляющих элементов системы к восстановлению или ремонту.

Третья фигура характеризует: **структурность** – возможность декомпозиции мелиоративной системы на подсистемы и элементы, установление прямых и обратных связей между ними; **иерархичность** – каждая подсистема или элемент рассматривается как система, которая, в свою очередь, представляется как элемент мелиоративной системы более высокого уровня; **организованность** – свойство системы, определяемое размещением структурных компонентов, формирующих единое целое в пределах своих тектологических границ, что определяет контур взаимодействия системы с внешней средой или соприкосновения (взаимодействия) с соседними системами (подсистемами одной системы).

Четвертая прямоугольная фигура характеризует связи системы с окружающей средой: **открытые** – представляющие внешние связи, входные (среда воздействует на систему) и выходные (система воздействует на среду); **закрытые** – представляющие только внутренние связи между элементами (подсистемами) самой системы; **комбинированные** – представляющие внешние и внутренние связи открытых и закрытых подсистем.

Пятая фигура иллюстрирует: **целесообразное поведение системы** – ее прогнозируемые реакции на изменение параметров окружающей (природной) среды; **адаптивность** – стремление системы к устойчивому равновесию (гомеостазу) за счет приспособления своих параметров к изменяющимся условиям окружающей среды; **управляемость** – изменение состояния мелиоративной системы при антропогенных воздействиях.

Шестая прямоугольная фигура представляет: **обособленность** – наличие границ у элементов, подсистем и системы в целом; **единство** –

целостность составляющих элементов и подсистем, простых и сложных систем, включенных в тектологический контур большой надсистемы; **интерактивность** – обмен информацией между составляющими элементами и подсистемами одной системы.

Заключение. Нуждаются в обосновании основные положения общей теории мелиоративных систем, составляющими элементами которых являются гидромелиоративные сооружения, агролесомелиоративные насаждения, культуртехнические, химические и агротехнические мероприятия. Эти элементы составляют простые и сложные, технические и биотические (инженерно-биологические) системы.

Иерархическое ранжирование этих систем представлено в виде столбиковой диаграммы Венна. На первом уровне ранжирования мелиоративные мероприятия (исходные элементы) не связаны между собой, на втором – связи между элементами образуют простые технические или биотические системы, включающие земледельческую подсистему. Третий уровень ранжирования представлен сложными системами, объединяющими в пределах своих тектологических границ простые технические и (или) биотические подсистемы, а четвертый уровень составляют сложные и простые, технические и биотические мелиоративные системы, объединенные контуром большой надсистемы, который может охватывать дополнительные территории (кроме площадей мелиоративного воздействия) лесных массивов и перелесков, лент государственных лесополос, лугов и пастбищ, охраняемых природных территорий и их охранных зон, экологических коридоров и т. п. Эти дополнительные территории за счет активности и сопротивляемости на своих тектологических границах (опушечной функции мезо- и макроэкотонов) решают возникающие экологические проблемы и организуют ландшафтное пространство.

Ранжирование мелиоративных систем вписывается в бассейновую структуру ландшафтной мелиорации, основу которой составляет природ-

ная древовидная гидрографическая сеть, объединяющая простые (в пределах элементарных водосборов балок и бассейнов малых рек) в сложные (бассейн водотока i -го порядка) мелиоративные системы, а сложные – в большие надсистемы мелиораций (бассейн средней или большой реки).

Разработана визуальная модель, определяющая свойства, которые должна приобретать в процессе совершенствования любая мелиоративная система: синергичность и функциональность; эмерджентность, надежность, восстанавливаемость или ремонтпригодность; структурность, иерархичность, организованность; открытость, закрытость или комбинированность; целесообразное поведение, адаптивность, управляемость; обособленность, единство, интерактивность.

В целом общая теория мелиоративных систем обосновывает целостность набора тех или иных мелиоративных мероприятий, взаимосвязанных друг с другом и с окружающей средой по уровням ландшафтной организации территории. Это составляет техническую или биотическую мелиоративную систему определенной степени сложности, которая занимает свое место в бассейновой структуре агроландшафтов для реализации целей мелиорации, организации ландшафтного пространства и решения возникающих экологических проблем на мелиорируемых землях и на сопряженных территориях.

Список источников

1. Богданов А. А. Тектология (всеобщая организационная наука). В 2 кн. Кн. 1 / отв. ред. Л. И. Абалкин; Отд-ние экономики АН СССР, Ин-т экономики АН СССР. М.: Экономика, 1989. 304 с.
2. Фон Бергаланфи Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.
3. Von Bertalanffy L. The history and status of general systems theory // The Academy of Management Journal. 1972. Vol. 15, № 4. P. 407–426. <https://doi.org/10.2307/255139>.
4. Садовский В. Н. Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974. 255 с.
5. Skyttner L. General Systems Theory. Problems, Perspectives, Practice. 2nd ed. 2006. 536 p. <https://doi.org/10.1142/5871>.
6. Чернышов В. Н., Чернышов А. В. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 96 с.

7. Chisholm M. General systems theory and geography // Transactions of the Institute of British Geographers. 1967, Dec. № 42. P. 45–52. <https://doi.org/10.2307/621371>.

8. Мокий В. С. Трансдисциплинарные основания общей теории систем, как академической научной дисциплины // Universum: общественные науки [Электронный ресурс]. 2017. № 9(39). URL: <https://universum.com/ru/social/archive/item/5120> (дата обращения: 13.10.2021).

9. Sosnitsky A. The universal theory as a new general scientific paradigm [Electronic resource] // Journal of Applied Mathematics and Statistical Applications. 2018. № 2(1). P. 11–18. URL: <https://www.alliedacademies.org/articles/the-universal-theory-as-a-new-general-scientific-paradigm-10802.html> (date of access: 13.10.2021).

10. Rousseau D. Systems research and the quest for scientific systems principles // Systems. 2017. 5(2). 25. <https://doi.org/10.3390/systems5020025>.

11. О мелиорации земель: Федер. закон (с изм. на 8 дек. 2020 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015302> (дата обращения: 13.10.2021).

12. Щедрин В. Н., Коржов В. И., Белоусов А. А. Подходы к формированию принципов создания современных мелиоративных систем и объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 170–188. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1145> (дата обращения: 13.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188.

13. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.

14. Кирейчева Л. В., Яшин В. М. Формирование эволюционирующего мелиоративного режима на орошаемых землях // Международный научно-исследовательский журнал [Электронный ресурс]. 2020. № 6(96), ч. 1. С. 140–144. URL: <https://research-journal.org/agriculture/formirovanie-evolyucioniruyushhego-meliorativnogo-rezhima-na-oro-shaemykh-zemlyakh/> (дата обращения: 15.08.2021). DOI: 10.23670/IRJ.2020.96.6.025.

15. Comprehensive evaluation of land reclamation and utilisation schemes based on a modified VIKOR method for surface mines / W. Zhou, W. Yin, F. Liu, F. Yang // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2018. Vol. 32, iss. 2. P. 93–108. <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1228031>.

16. Голованов А. И. Методология мелиорации // Природообустройство. 2009. Вып. 4. С. 5–16.

17. Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: введ. в действие с 17.06.17 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050590?marker=7D20K3> (дата обращения: 13.10.2021).

18. ГОСТ 26462-85. Агролесомелиорация. Термины и определения. Введ. 1986-06-30. М.: Изд-во стандартов, 1985. 10 с.

19. Ивонин В. М. Мелиорация земель как научная дисциплина // Мелиорация и гидротехника = Land Reclamation and Hydraulic Engineering [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 140–162. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1219> (дата обращения: 13.10.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-140-162.

20. Chen D., Stroup W. M. General systems theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all // Journal of Science Education and Technology. 1993, Sept. № 2(3). P. 447–459. DOI: 10.1007/BF00694427.

21. Ивонин В. М. Визуальная модель системы лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 68–82. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1139> (дата обращения: 13.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82.

22. Рекс Л. М. Системные исследования и информатика деятельно-техно-природных систем: учеб. пособие. М.: МГУП, 2004. Ч. 1. 218 с.

23. Ивонин В. М., Воскобойникова И. В. Ландшафтная агролесомелиорация // Мелиорация и гидротехника = Land Reclamation and Hydraulic Engineering [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 54–77. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1214> (дата обращения: 13.10.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-54-77.

24. Никоноров В. М. Системы, сущность и свойства // Российское предпринимательство. 2015. 16(16). С. 2499–2508. DOI: 10.18334/гр.16.16.608.

References

1. Bogdanov A.A., 1989. *Tektologiya (vseobshchaya organizatsionnaya nauka). V 2 kn. Kn. 1* [Tectology (General Organizational Science). In 2 books. Book 1]. Department of Economics of the USSR Academy of Sciences, Institute of Economics of the USSR Academy of Sciences, Moscow, Economics Publ., 304 p. (In Russian).

2. Von Bertalanffy L., 1969. *Obshchaya teoriya sistem: kriticheskiy obzor* [General theory of systems: a critical review]. *Issledovaniya po obshchey teorii sistem* [Research on General Theory of Systems]. Moscow, Progress Publ., pp. 23-82. (In Russian).

3. Von Bertalanffy L., 1972. The history and status of general systems theory. *The Academy of Management Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 407-426, <https://doi.org/10.2307/255139>.

4. Sadovskiy V.N., 1974. *Osnovaniya obshchey teorii sistem* [Basics of the General Theory of Systems]. Moscow, Nauka Publ., 255 p. (In Russian).

5. Skyttner L., 2006. *General Systems Theory. Problems, Perspectives, Practice*. 2nd ed., 536 p., <https://doi.org/10.1142/5871>.

6. Chernyshov V.N., Chernyshov A.V., 2008. *Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnoe posobie* [System Theory and System Analysis: textbook]. Tambov, Tambov State Technical University Publ., 96 p. (In Russian).

7. Chisholm M., 1967. General systems theory and geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, Dec., no. 42, pp. 45-52, <https://doi.org/10.2307/621371>.

8. Mokiy V.S., 2017. *Transdistsiplinarnye osnovaniya obshchey teorii sistem, kak akademicheskoy nauchnoy distsipliny* [Transdisciplinary foundations of a general theory of systems as an academic scientific discipline]. *Universum: obshchestvennyye nauki* [Universum: Social Sciences], no. 9(39), available: <https://universum.com/ru/social/archive/item/5120> [accessed 13.10.2021]. (In Russian).

9. Sosnitsky A., 2018. The universal theory as a new general scientific. *Journal of Applied Mathematics and Statistical Applications*, no. 2(1), pp. 11-18, available: <https://www.alliedacademies.org/articles/the-universal-theory-as-a-new-general-scientific-paradigm-10802.html> [accessed 13.10.2021].

10. Rousseau D., 2017. Systems research and the quest for scientific systems principles. *Systems*, 5(2), 25, <https://doi.org/10.3390/systems5020025>.

11. *O melioratsii zemel'* [On land reclamation]. Federal Law of the Russian Federation, as amended on December 8, 2020, available: <http://docs.cntd.ru/document/9015302> [accessed 13.10.2021]. (In Russian).

12. Shchedrin V.N., Korzhov V.I., Belousov A.A., 2020. [Approaches to the formation of principles for creating modern reclamation systems and objects]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 170-188, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1145> [accessed 10.13.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188. (In Russian).

13. Baibekov R.F., 2018. *Prirodopodobnyye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya* [Nature-like technologies are the basis for sustainable development of agriculture]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 2, pp. 5-8, DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201. (In Russian).

14. Kireicheva L.V., Yashin V.M., 2020. *Formirovanie evolyutsioniruyushchego meliorativnogo rezhima na oroshayemykh zemlyakh* [Formation of evolving land reclamation regime

on irrigated lands]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], no. 6(96), pt. 1, pp. 140-144, available: <https://research-journal.org/agriculture/formirovanie-evolyucioniruyushhego-meliorativnogo-rezhima-na-oroshaemyx-zemlyax/> [accessed 15.08.2021], DOI: 10.23670/IRJ.2020.96.6.025. (In Russian).

15. Zhou W., Yin W., Liu F., Yang F., 2018. Comprehensive evaluation of land reclamation and utilization schemes based on a modified VIKOR method for surface mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, vol. 32, iss. 2, pp. 93-108, <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1228031>.

16. Golovanov A.I., 2009. *Metodologiya melioratsii* [Methodology of land reclamation]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], iss. 4, pp. 5-16. (In Russian).

17. *Svod pravil. Meliorativnye sistemy i sooruzheniya* [Set of rules. Reclamation Systems and Structures]. Updated edition of SNiP 2.06.03-85. SP 100.13330.2016, available: <https://docs.cntd.ru/document/456050590?marker=7D20K3> [accessed 13.10.2021]. (In Russian).

18. *GOST 26462-85. Agrolesomelioratsiya. Terminy i opredeleniya* [Agroforestry. Terms and definitions]. Moscow, Publ. of Standards, 1985, 10 p. (In Russian).

19. Ivonin V.M., 2021. [Land reclamation as a scientific discipline]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 140-162, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1219> [accessed 13.10.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-140-162. (In Russian).

20. Chen D., Stroup W.M., 1993. General systems theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, Sept., no. 2(3), pp. 447-459, DOI: 10.1007/BF00694427.

21. Ivonin V.M., 2020. [Visual model of forest reclamation system of natural-anthropogenic landscapes]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 68-82, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1139> [accessed 13.10.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82. (In Russian).

22. Rex L.M., 2004. *Sistemnye issledovaniya i informatika deyatel'no-tekhnoprirodnikh sistem: uchebnoe posobie* [System Research and Informational Technologies of Active-Techno-Natural Systems: textbook]. Moscow, MGUP, pt. 1, 218 p. (In Russian).

23. Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. 2021. [Landscape agroforestry]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 54-77, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1214> [accessed 13.10.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-54-77. (In Russian).

24. Nikonorov V.M., 2015. *Sistemy, sushchnost' i svoystva* [Systems, their essence and properties]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship], 16(16), pp. 2499-2508, DOI: 10.18334/rp.16.16.608. (In Russian).

Информация об авторе

В. М. Ивонин – профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the author

V. M. Ivonin – Professor of the Chair of Forestry and Forest Reclamation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 15.12.2021; принята к публикации 21.12.2021.

The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 15.12.2021; accepted for publication 21.12.2021.