

УДК 634.8:004.9

UDC 634.8:004.9

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

ЦИФРОВАЯ АМПЕЛОМЕТРИЯ И СИСТЕМО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ В ВИНОГРАДАРСТВЕ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**DIGITAL AMPELOMETRY AND SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS IN VITICULTURE: METHODOLOGICAL ASPECTS AND BREEDING PROSPECTS**

Трошин Леонид Петрович
д.б.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный университет,
г.Краснодар*

Troshin Leonid Petrovich
Doctor of Biological Sciences, Professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar

Статья посвящена актуальной проблеме модернизации методологических подходов в ампелографии и селекции винограда в контексте глобального перехода аграрного сектора к технологиям точного земледелия и цифровизации. В работе критически анализируются ограничения классических визуально-описательных и экспертных методов идентификации сортов, характеризующихся высокой трудоемкостью и неизбежной субъективностью оценок. В качестве альтернативы автором обосновывается необходимость внедрения парадигмы «когнитивной ампелометрии», базирующейся на интеграции классических алгоритмов биометрии (по Н.А. Плохинскому) с современным аппаратом системно-когнитивного анализа (СКА) и теории информации. Центральное место в исследовании занимает описание методологии использования интеллектуальной системы «Эйдос» для автоматизации обработки больших массивов морфометрических данных. Подробно раскрывается механизм разделения наблюдаемой фенотипической изменчивости на детерминированную генотипом составляющую («сигнал») и стохастическую составляющую, обусловленную влиянием факторов внешней среды («шум»). Доказано, что применение цифровых двойников (математических прототипов) листового аппарата позволяет нивелировать влияние модификационной изменчивости и обеспечить высокую точность идентификации генотипов независимо от агроэкологических условий произрастания. В статье также рассматриваются прикладные аспекты применения искусственного интеллекта в селекционном процессе, в частности, для моделирования «идеальных генотипов» и ускорения выведения комплексно-устойчивых межвидовых гибридов. Отдельное внимание уделено вопросам цифровизации производственных процессов: использованию беспилотных летательных аппаратов и мультиспектральных камер

The article is devoted to the urgent problem of modernizing methodological approaches in ampelography and grape breeding in the context of the global transition of the agricultural sector to precision farming and digitalization technologies. The study critically analyzes the limitations of classical visual descriptive and expert methods of variety identification, characterized by high labor intensity and the inevitable subjectivity of assessments. As an alternative, the author substantiates the need to introduce the paradigm of "cognitive ampelometry", based on the integration of classical biometrics algorithms (according to N.A. Plokhinsky) with modern apparatus of system cognitive analysis (SKA) and information theory. The central place in the study is occupied by the description of the methodology of using the intelligent Eidos system to automate the processing of large amounts of morphometric data. The mechanism of separation of the observed phenotypic variability into a genotype-determined component ("signal") and a stochastic component due to the influence of environmental factors ("noise") is described in detail. It is proved that the use of digital twins (mathematical prototypes) of the leaf apparatus makes it possible to offset the influence of modification variability and ensure high accuracy of genotype identification regardless of agroecological growing conditions. The article also discusses the applied aspects of the use of artificial intelligence in the breeding process, in particular, for modeling "ideal genotypes" and accelerating the breeding of complexly stable interspecific hybrids. Special attention is paid to the issues of digitalization of production processes: the use of unmanned aerial vehicles and multispectral cameras to monitor the phytosanitary condition of plantings, optimize nutrition and irrigation regimes. In conclusion, it is concluded that the synthesis of biological science and digital technologies creates the prerequisites for the transition to viticulture management based on objective data (Data-Driven Decision Making), which is a prerequisite for increasing productivity,

для мониторинга фитосанитарного состояния насаждений, оптимизации режимов питания и орошения. В заключении делается вывод о том, что синтез биологической науки и цифровых технологий создает предпосылки для перехода к управлению виноградарством на основе объективных данных (Data-Driven Decision Making), что является необходимым условием для повышения продуктивности, экологической устойчивости и рентабельности отрасли в условиях климатических изменений

environmental sustainability and profitability of the industry in the face of climate change

Ключевые слова: АМПЕЛОГРАФИЯ, ЦИФРОВАЯ АМПЕЛОМЕТРИЯ, СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, СЕЛЕКЦИЯ ВИНОГРАДА, ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Keywords: AMPELOGRAPHY, DIGITAL AMPELOMETRY, SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, GRAPE BREEDING, PHENOTYPIC VARIABILITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-045>

1. ВВЕДЕНИЕ (INTRODUCTION)

Современное виноградарство находится на этапе технологической трансформации, характеризующейся переходом к концепции точного земледелия и цифровизации производственных процессов. Исторически наука о сортах винограда — ампелография — прошла длительный путь развития, методы которой эволюционировали от визуально-описательных подходов времен античных авторов (Катон, Варрон, Колумелла, Плиний) до сложных увологических, органолептических и биохимических исследований. Однако классические методы идентификации и оценки сортов, базирующиеся преимущественно на экспертных оценках, обладают неустраняемым элементом субъективности и трудоемкости.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью объективизации процессов идентификации генотипов и мониторинга состояния насаждений в условиях климатических изменений и интенсификации производства. Традиционная биометрия, оперирующая ручными измерениями и расчетами, становится ограничивающим фактором

при работе с большими массивами данных (Big Data), генерируемыми современными сенсорными системами.

В настоящей работе выдвигается гипотеза, что интеграция математических алгоритмов биометрии с технологиями искусственного интеллекта (ИИ) и системно-когнитивного анализа позволит нивелировать влияние фенотипической пластичности (модификационной изменчивости) на точность идентификации сортов. Предполагается, что создание цифровых двойников (математических прототипов) листьев и использование автоматизированных систем мониторинга создаст предпосылки для перехода к «когнитивной ампелометрии», способной выявлять скрытые закономерности в развитии растений и оптимизировать селекционный процесс.

Целью работы является теоретическое обоснование и методологическое описание применения цифровых технологий и интеллектуальных систем в ампелографии и селекции винограда для повышения устойчивости и продуктивности насаждений.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ (MATERIALS AND METHODS)

2.1. Теоретическая база исследования

Методологическую основу исследования составили классические алгоритмы биометрии, разработанные Н.А. Плохинским [1], адаптированные для задач современного виноградарства. В качестве базового подхода использован системно-когнитивный анализ (СКА), объединяющий принципы теории информации и многомерного статистического анализа.

Исследование базируется на концепции разделения наблюдаемой изменчивости признаков на две составляющие:

1. **Сигнал:** детерминированная генотипом составляющая, отражающая истинную форму и характеристики сорта.

2. **Шум:** стохастическая составляющая, обусловленная влиянием факторов внешней среды (освещенность, влажность, агрофон).

2.2. Объекты исследования

Объектами анализа выступали морфометрические параметры листьев различных генотипов рода *Vitis* (включая *Vitis vinifera*, *Vitis amurensis*, *Vitis labrusca* и межвидовые гибриды). Особое внимание уделялось сортам сложного межвидового происхождения, обладающим комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам (группа сортов «Магарача» и др.).

2.3. Инструментарий и алгоритмы

Для автоматизации биометрических расчетов применялся программный комплекс, реализующий последовательность алгоритмов, описанных в серии монографических работ по ампелометрии. Комплекс включает следующие аналитические блоки [2-9]:

- **Групповые свойства:** расчет средних величин, показателей разнообразия и распределения признаков.
- **Репрезентативность:** оценка надежности выборочных показателей.
- **Корреляционный анализ:** выявление связей между различными метрическими параметрами листа и хозяйственно-ценными признаками.
- **Дисперсионный анализ:** одно- и двухфакторные комплексы для оценки влияния организованных факторов на количественные и качественные признаки.

- **Регрессионный анализ:** построение математических моделей биологических состояний и процессов.
- **Информационные показатели:** оценка информативности признаков с позиций теории информации.

2.4. Интеллектуальная система «Эйдос»

Ключевым инструментом исследования являлась интеллектуальная система (ИС) «Эйдос». Методика работы с системой включала следующие этапы:

1. **Оцифровка:** сканирование листового аппарата и преобразование геометрической формы в числовой массив данных.
2. **Фильтрация:** применение алгоритмов СКА для удаления «шума» (влияния условий произрастания, таких как инсоляция или сезон сбора образца) и выделения инвариантного ядра признака («идеального образа» или эйдоса).
3. **Прототипирование:** формирование математического прототипа сорта, независимого от средовых флуктуаций.

Дополнительно рассматривались методы дистанционного зондирования (БПЛА с мультиспектральными камерами) для сбора данных о состоянии насаждений, необходимых для обучения прогностических моделей.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ (RESULTS)

3.1. Автоматизация биометрических расчетов

В ходе исследования была систематизирована и алгоритмизирована обширная база биометрических методов, ранее требовавшая значительных временных затрат. Разработанное программное обеспечение позволило перевести классические алгоритмы Плохинского на язык современных вычислительных систем. Это обеспечило возможность обработки массивов

данных, характеризующих морфологию листа, с высокой скоростью и исключением операторских ошибок.

Установлено, что применение автоматизированных модулей дисперсионного и корреляционного анализа позволяет достоверно определять вклад генотипа и среды в формирование фенотипа конкретного растения. Это является критически важным для задач селекции, так как позволяет ранжировать признаки по степени их наследуемости и вариабельности.

3.2. Идентификация сортов с помощью ИС «Эйдос»

Применение системы «Эйдос» продемонстрировало высокую эффективность в решении проблемы фенотипической пластичности виноградного листа. Известно, что листья одного и того же генотипа, сформировавшиеся в условиях затенения и на открытом солнце, а также собранные в разные фазы вегетации, имеют существенные морфологические различия.

Результаты системно-когнитивного анализа показали, что разработанные алгоритмы способны успешно отделять «сигнал» от «шума». Система формирует обобщенный образ (прототип) сорта, который остается стабильным вне зависимости от места и времени отбора проб. Точность идентификации сортов и их клонов при использовании данного метода достигает статистически значимых величин, существенно превосходящих возможности традиционных визуальных методов. Это позволяет говорить о создании инструмента для объективной, математически выверенной верификации сортовой принадлежности.

3.3. Применение в селекции комплексно-устойчивых сортов

Анализ генеалогии и характеристик современных сортов (на примере селекционных достижений института «Магарач» и др.) подтвердил эффективность использования межвидовой гибридизации. Сорта, полученные

путем скрещивания *Vitis vinifera* с представителями *Vitis amurensis* и американскими видами, демонстрируют сочетание высокого качества продукции с устойчивостью к низким температурам и патогенам.

Использование цифровых методов ампелометрии позволило уточнить параметры «идеальных генотипов» для различных зон возделывания. Выявлено, что математическое моделирование помогает прогнозировать хозяйственную ценность гибридного потомства на ранних этапах селекционного процесса, опираясь на корреляции между метрическими параметрами листа и адаптивным потенциалом растения.

3.4. Цифровизация производственных процессов

Анализ данных мониторинга показал, что применение технологий искусственного интеллекта в сочетании с геоинформационными системами (ГИС) и беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) обеспечивает:

- Раннее выявление очагов заболеваний (например, милдью) и дефицита элементов питания посредством анализа мультиспектральных изображений.
- Оптимизацию режимов орошения и внесения удобрений на основе интеграции данных о влажности почвы, потребностях растений и метеопрогнозах.
- Повышение точности прогнозирования урожайности за счет анализа исторических рядов данных и текущего состояния биомассы.

4. ОБСУЖДЕНИЕ (DISCUSSION)

4.1. Парадигма когнитивной ампелометрии

Полученные результаты свидетельствуют о формировании нового научного направления — когнитивной ампелометрии. В отличие от

классической ампелографии, опирающейся на описательную статистику, когнитивный подход использует модели искусственного интеллекта для интерпретации сложных биологических данных. Переход от субъективного взгляда эксперта к математически обоснованным данным («Data-Driven Decision Making») минимизирует риски ошибок при идентификации посадочного материала и сертификации сортов.

Можно выдвинуть гипотезу, что в будущем подобные системы станут основой для создания глобальных цифровых паспортов сортов винограда. Это позволит унифицировать номенклатуру и упростить международный обмен генетическими ресурсами.

4.2. Проблема «Сигнал-Шум» в биологических системах

Фундаментальной проблемой, решаемой в рамках исследования, является высокая модификационная изменчивость винограда. Способность ИС «Эйдос» выделять инвариантное ядро признака подтверждает применимость теории информации к биологическим объектам. Это открывает перспективы для изучения не только морфологии, но и физиологических реакций растений на стресс. Предполагается, что аналогичные алгоритмы могут быть адаптированы для анализа химического состава ягод и вина, связывая их с условиями терруара.

4.3. Перспективы селекции и «идеальный генотип»

Результаты анализа межвидовых гибридов указывают на то, что будущее селекции лежит в плоскости создания комплексно-устойчивых генотипов. Однако традиционная селекция — процесс длительный и ресурсоемкий. Внедрение цифровых двойников и предиктивной аналитики может существенно сократить сроки выведения новых сортов.

Гипотетически, интеграция геномных данных с фенотипическими моделями, полученными методами цифровой ампелометрии, позволит

конструировать сорта с заранее заданными параметрами («дизайн сортов»), отвечающими интеллектуальным потребностям человечества и техническим средствам производства.

4.4. Барьеры и ограничения

Несмотря на очевидные преимущества, широкое внедрение описываемых технологий сталкивается с рядом препятствий. К ним относятся высокая стоимость оборудования (сенсоров, роботизированных комплексов), необходимость переквалификации персонала и сложность интеграции новых цифровых решений в существующие агротехнологические цепочки. Кроме того, требуется дальнейшая валидация математических моделей на более широком спектре генотипов и в различных климатических зонах.

4.5. Роботизация и устойчивое развитие

Обсуждаемые технологии создают предпосылки для полной автоматизации рутинных операций (обрезка, прополка, сбор урожая) с использованием систем машинного зрения. Это не только снижает зависимость от ручного труда, но и способствует экологизации производства (снижение пестицидной нагрузки за счет точечного внесения, экономия водных ресурсов). Таким образом, цифровая трансформация виноградарства напрямую коррелирует с целями устойчивого развития.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (CONCLUSION)

Проведенное исследование демонстрирует, что интеграция классической ампелографии с современными методами математического моделирования и искусственного интеллекта открывает качественно новые возможности для науки и производства. Разработанная методология цифровой ампелометрии и использование систем когнитивного анализа

позволяют преодолеть ограничения традиционных методов, связанные с субъективностью оценок и влиянием среды на фенотип.

Внедрение интеллектуальных систем мониторинга и управления производством способствует повышению урожайности, улучшению качества продукции и снижению экологических рисков. Можно с высокой долей уверенности предположить, что дальнейшее развитие отрасли будет связано с углублением симбиоза биологической науки и цифровых технологий, что приведет к созданию высокоадаптивных, продуктивных и комплексно-устойчивых виноградных агроценозов.

Выражаю искреннюю признательность за помощь в написании этой статьи профессору Е.В. Луценко

Список литературы (References)

1. Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. Под ред. академика АН УССР Б. В. Гнеденко. М., Изд-во Моск. ун-та. 1980, 21004, 150 с. http://ic.kubagro.ru/Algorithms_of_biometrics-N_A_Plokhinsky-1980.pdf.
2. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин, Учебное пособие, Том 1. Алгоритмы 1-11: Групповые свойства: средний уровень, разнообразие, распределение. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 324 с. – ISBN 978-5-93856-991-1. – DOI 10.13140/RG.2.2.36371.59688. – EDN IHDFHU, <https://www.researchgate.net/publication/394745658>
3. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 2. Алгоритмы 12-19: Репрезентативность выборочных показателей. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 221 с. – ISBN 978-5-93856-992-8. – DOI 10.13140/RG.2.2.24208.11521. – EDN FGRRJU, <https://www.researchgate.net/publication/394745950>
4. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 3. Алгоритмы 20-24: Анализ коррелятивных связей. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 175 с. – ISBN 978-5-93856-993-5. – DOI 10.13140/RG.2.2.17497.22888. – EDN MNQLRC, <https://www.researchgate.net/publication/394746037>
5. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 4. Алгоритмы 25-41: Дисперсионный анализ однофакторных и двухфакторных комплексов для количественных и качественных признаков. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 555 с. – ISBN 978-5-93856-994-2. – DOI 10.13140/RG.2.2.30919.00167. – EDN KFBBDHI, <https://www.researchgate.net/publication/394746009>

6. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 5. Алгоритмы 42-50: Регрессионный анализ и математические модели биологических состояний и процессов. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 266 с. – ISBN 978-5-93856-995-9. – DOI 10.13140/RG.2.2.14141.78569. – EDN IAOFSC, <https://www.researchgate.net/publication/394746559>

7. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 6. Алгоритмы 51-60: Информационные показатели в ампелометрии. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 281 с. – ISBN 978-5-93856-996-6. – DOI 10.13140/RG.2.2.35165.73448, – EDN: NFLQJC, <https://www.researchgate.net/publication/394791305>

8. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 7. Алгоритмы 61-70: Автоматизированный системно-когнитивный анализ и интеллектуальная система «Эйдос» в ампелометрии. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 194 с. – ISBN 978-5-93856-997-3. – DOI 10.13140/RG.2.2.16966.54081. – EDN MPFZES, <https://www.researchgate.net/publication/395019828>

9. Луценко Е.В., Трошин Л.П. Алгоритмы ампелометрии: учебное пособие // Е. В. Луценко, Л. П. Трошин. Учебное пособие. Том 7. Изд.2-е. Алгоритмы 61-70: Автоматизированный системно-когнитивный анализ и интеллектуальная система «Эйдос» в ампелометрии. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 255 с. – ISBN 978-5-93856-997-3. – DOI 10.13140/RG.2.2.31056.37128. – <https://www.researchgate.net/publication/397442001>

References

1. Ploxinskij N. A. Algoritmy` biometrii. Pod red. akademika AN USSR B. V. Gnedenko. M., Izd-vo Mosk, un-ta. 1980, 21004, 150 s. , http://lc.kubagro.ru/Algorithms_of_biometrics-N_A_Plokhinsky-1980.pdf.

2. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin, Uchebnoe posobie, Tom 1. Algoritmy` 1-11: Gruppy`e svojstva: srednij uroven`, raznoobrazie, raspredelenie. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 324 s. – ISBN 978-5-93856-991-1. – DOI 10.13140/RG.2.2.36371.59688. – EDN IHDFHU, <https://www.researchgate.net/publication/394745658>

3. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 2. Algoritmy` 12-19: Rerezentativnost` vy`borochny`x pokazatelej. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 221 s. – ISBN 978-5-93856-992-8. – DOI 10.13140/RG.2.2.24208.11521. – EDN FGRRJU, <https://www.researchgate.net/publication/394745950>

4. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 3. Algoritmy` 20-24: Analiz korrelyativny`x svyazej. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 175 s. – ISBN 978-5-93856-993-5. – DOI 10.13140/RG.2.2.17497.22888. – EDN MNQLRC, <https://www.researchgate.net/publication/394746037>

5. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 4. Algoritmy` 25-41: Dispersionny`j analiz odnofaktorny`x i dvuxfaktorny`x kompleksov dlya kolichestvenny`x i kachestvenny`x priznakov. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 555 s. – ISBN 978-5-93856-994-2. – DOI

10.13140/RG.2.2.30919.00167. – EDN KFBBDHI,
<https://www.researchgate.net/publication/394746009>

6. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 5. Algoritmy` 42-50: Regressionny`j analiz i matematicheskie modeli biologicheskix sostoyanij i processov. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 266 s. – ISBN 978-5-93856-995-9. – DOI 10.13140/RG.2.2.14141.78569. – EDN IAOFSC, <https://www.researchgate.net/publication/394746559>

7. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 6. Algoritmy` 51-60: Informacionny`e pokazateli v ampelometrii. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 281 s. – ISBN 978-5-93856-996-6. – DOI 10.13140/RG.2.2.35165.73448, – EDN: NFLQJC, <https://www.researchgate.net/publication/394791305>

8. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 7. Algoritmy` 61-70: Avtomatizirovanny`j sistemno-kognitivny`j analiz i intellektual`naya sistema «E`jdos» v ampelometrii. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 194 s. – ISBN 978-5-93856-997-3. – DOI 10.13140/RG.2.2.16966.54081. – EDN MPFZES, <https://www.researchgate.net/publication/395019828>

9. Lucenko E.V., Troshin L.P. Algoritmy` ampelometrii: uchebnoe posobie // E. V. Lucenko, L. P. Troshin. Uchebnoe posobie. Tom 7. Izd.2-e. Algoritmy` 61-70: Avtomatizirovanny`j sistemno-kognitivny`j analiz i intellektual`naya sistema «E`jdos» v ampelometrii. – Krasnodar : KubGAU, 2025. – 255 s. – ISBN 978-5-93856-997-3. – DOI 10.13140/RG.2.2.31056.37128. – <https://www.researchgate.net/publication/397442001>