

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

К.Н. Кулик, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор Государственного научного учреждения "Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации" (ГНУ ВНИАЛМИ) Россельхозакадемии, г. Волгоград, Российская Федерация

А.С. Рулев, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАСХН, заведующий отделом ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии, г. Волгоград, Российская Федерация

В.Г. Юферев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии, г. Волгоград, Российская Федерация



К.Н. Кулик

А.С. Рулев

В.Г. Юферев

Проведено исследование морфометрических характеристик ландшафтов для создания базы данных дешифровочных признаков и их классификации. Созданная база данных, внедренная в ландшафтную ГИС, обеспечивает достоверность дешифрирования состояния ландшафтных объектов. Осуществлено предварительное картографирование и моделирование состояния ландшафтов с использованием цифровых моделей рельефа для анализа ландшафта и его компонентов.

The investigation of morphometric characteristics of landscapes to create a database of interpretive indicators and their classification was conducted. Created database, being implemented in GIS landscape, provides the interpretation accuracy of landscape features condition. The preliminary compilation and modeling of landscapes condition using digital elevation models for the analysis of the landscape and its components were carried out.

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) соответствующего пространственного охвата незаменимы как при оценке явлений и процессов соответствующего пространственного уровня, так и факторов, влияющих на их протекание в изучаемых ландшафтах. Состав и структура данных в ландшафтных ГИС определяются как объектами, реальными ландшафтами и их составляющими (лесом, землей, водой и др.), так и процессами (смывом почвы, дефляцией, истощением, деградацией растительности и др.).

Проблемная ориентация ландшафтных ГИС определяется решаемыми в ней научными и прикладными задачами. Они могут быть выстроены в ряд по мере усложнения и наращивания возможностей управления моделируемыми объектами и процессами: инвентаризация (таксация, паспортизация) объектов и ресурсов, анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений.

Реализация ландшафтных ГИС включает исследование реальных составляющих ландшафтов и процессов на необходимом уровне, ее технико-экономическое обоснование, системное и детальное проектирование на уровне научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тестирование, опытную и штатную эксплуатацию.

При рассмотрении объектов геоинформационного моделирования исследуемых процессов в ландшафтах предполагается достаточность их описания в системе пространственных координат. Решение многих задач моделирования деградационных процессов в агроландшафтах предусматривает необходимость мониторинга состояния пространственных объектов во времени. Задание четвертой координаты объекта — времени — позволяет ввести понятие пространственно-временных данных.

Основой информационного обеспечения геоинформационных систем являются источники данных, позволяющих установить принадлежность объектов к определенному времени и пространству. Сложность формирования информационной среды связана с тем, что компьютерные системы используют цифровую форму данных, а сами источники представляют как цифровые, так и аналоговые данные (топографические и тематические карты на бумажных носителях, статистические отчеты, тексты).

Среди упорядоченных наборов данных различают картографические, статистические, аэрокосмические материалы, которые преобразуются и вводятся в среду информационной системы. Помимо указанных материалов используются данные специально проводимых исследований и съемок, а также литературные (текстовые) источники.

Использование картографического материала как источника для формирования баз данных эффективно по нескольким позициям: во-первых, атрибутивные характеристики, полученные с картографических источников, имеют территориальную привязку; во-вторых, в них нет пропусков в пределах изображаемого пространства; в-третьих, имеется множество эффективных технологий перевода таких материалов в цифровую форму. Картографические источники отличаются большим разнообразием: кроме общегеографических и топографических карт имеется множество различных тематических карт.

Развитие технологий получения высококачественных космических снимков сверхвысокого разрешения дает возможность разработать новые технологии анализа и картографирования ландшафтов. В настоящее время накоплено достаточно большое количество космоснимков поверхности Земли, что дает возможность перейти от эпизодической оценки площадных объектов к получению точечной, географически привязанной информации.

Геоинформационный анализ ландшафта

В задачи исследований входили разработка методики анализа и компьютерное картографирование ландшафтов и, в частности, эрозионно-геоморфологических катен как устойчивой последовательности фаций от водораздела к тальвегу, имеющих определенный уровень деградации, а также определение основных факторов, влияющих на пространственное распределение ландшафтных объектов, разработку методологической основы картографирования деградационных процессов на основе ГИС-технологий и пространственно-временного анализа космоснимков.

В основе принятой методологии картографирования лежит компьютерный анализ космоснимков с выявлением параметрических характеристик ландшафтов. Анализ цифровых растровых снимков проводится по распределению пикселей с учетом того, что совокупность внешних признаков достаточно полно отражает реальное состояние участка ландшафта, а каждый пиксель несет определенную информацию о свойствах и положении ландшафтных объектов. В процессе анализа распределения пикселей и последующего моделирования состояния ландшафтного объекта учитывалось соответствие изменения свойств объекта изменению фототона его изображения.

Исследование основных форм рельефа и распределения высот необходимо для создания базы данных дешифровочных признаков и их классификации [1]. Созданная на основе классификации база данных, внедренная в агролесомелиоративную ГИС, обеспечивает достоверность дешифрирования эрозионных объектов. На основании такого исследования осуществляется предварительное картографирование состояния ландшафтов. Современные

картографические исследования ландшафтов осуществляются с использованием цифровых моделей рельефа. Цифровая модель рельефа может быть использована для картографирования агроландшафта. Визуализация цифровой модели рельефа (ЦМР) осуществляется изолинейными картами высот, углов наклона склонов и уклонов, а также трехмерным видом с использованием картографических и моделирующих программ, таких, как MapInfo, GlobalMapper, Surfer и др. Имеющиеся в современных программных комплексах математические функции обеспечивают как цифровое описание расчетных характеристик рельефа, так и визуализацию этих расчетов.

Картографирование ландшафтов осуществляется в два этапа для обеспечения управляющих решений по рациональному использованию природных ресурсов и обеспечению сохранения плодородия земель [2].

1. Выбор территориальных объектов — регионов или областей, подверженных процессам деградации и опустынивания, — осуществляется на основании аэрокосмического мониторинга ландшафтов. Потенциально деградационноопасными ландшафтами могут считаться:

- предрасположенные к водной эрозии стоковые участки с углом склона более 2° ;
- предрасположенные к ветровой эрозии открытые, не защищенные лесными насаждениями участки пашни или пастбищ без травостоя;
- интенсивно используемые участки поверхности для сельскохозяйственного производства (пашни, пастбища) с антропогенной нагрузкой, превышающей продуктивность при отсутствии систем мелиорации ландшафта;
- ландшафты с природными неблагоприятными условиями: засушливостью климата, обедненным составом почв, слабогумусированными супесями и песками, наличием соленых грунтовых вод, приводящих к образованию солончаков, и др.;
- любые регионы, подвергшиеся критическому воздействию природно-антропогенных бедствий (селей, наводнений, ураганов, ливневых дождей и др.).

2. Информационное обеспечение картографирования ландшафтов для региона (области), выбранного в качестве объекта исследований, осуществляется созданием картографической и топологической базы данных, подбором топографических и тематических карт, созданием электронных таблиц для описания свойств объекта, а также использованием существующих геоинформационных систем в качестве внешней базы данных.

При необходимости уточняются межхозяйственные, административные и государственные границы, проходящие по территории региона исследований, и создается тематический слой границы. Эта операция производится для отнесения площадей территорий к определенному субъекту землепользования.

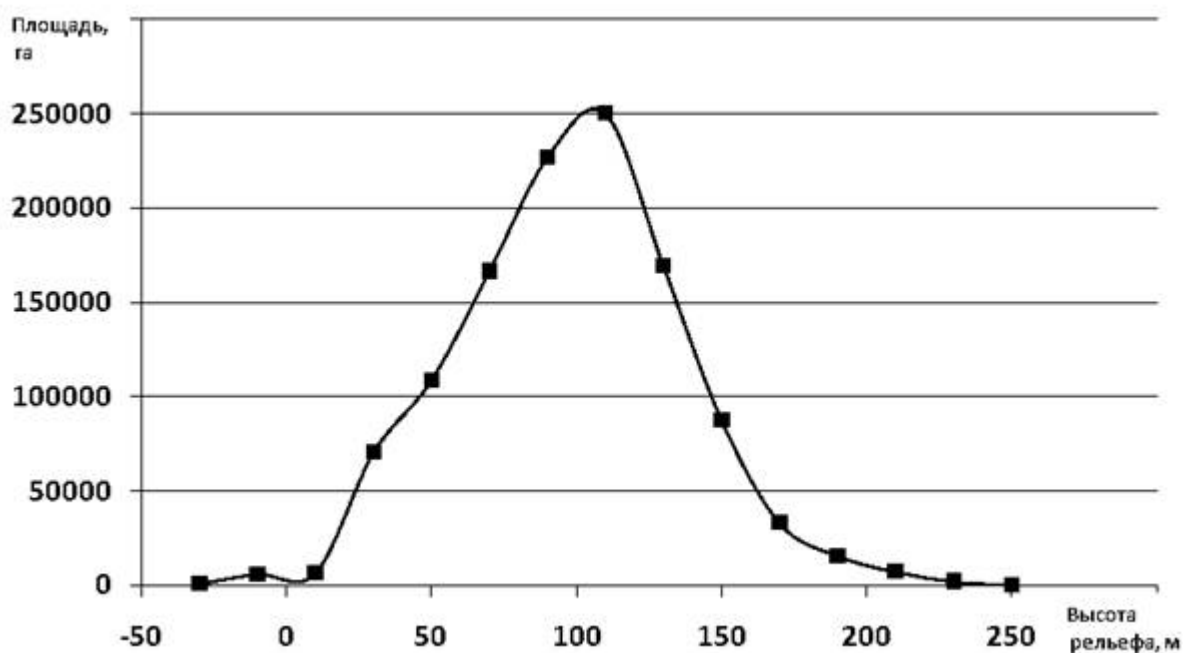


Рис. 1. Распределение высот по площади исследуемой территории

В результате реализации такой технологии создаются тематические картографические слои, несущие необходимую предварительную информацию об объектах исследований.

Использование ЦМР обеспечивает расчет разнообразных характеристик рельефа, углов склона, экспозиций и формы склонов. Методы оценки формы склонов предполагают, что под профилем склона понимается величина радиуса кривизны нормального сечения склона в направлении линии наибольшего ската (поперечный профиль) или в перпендикулярном ему направлении (продольный профиль). Расчет структурных элементов рельефа, образующих его каркас, обычно называемых линиями тальвегов и линиями водоразделов, с учетом не

только рельефа суши, но и дна водоемов, килевыми и гребневыми, или базисными и вершинными, предполагает моделирование линий поверхностного стока. Так могут быть найдены все ячейки, образующие водосбор, и оконтурена его граница (линия водораздела), а линии стока будут определять эрозионную сеть, примерно соответствующую тальвегам.

Трехмерное представление рельефа в виде светотеневого или каркасного изображения — одна из широко распространенных функций обработки ЦМР. В основе построения таких изображений лежат алгоритмы компьютерной графики, разрешающие проблему удаления невидимых поверхностей при формировании трехмерных изображений и их проецировании на плоскость.

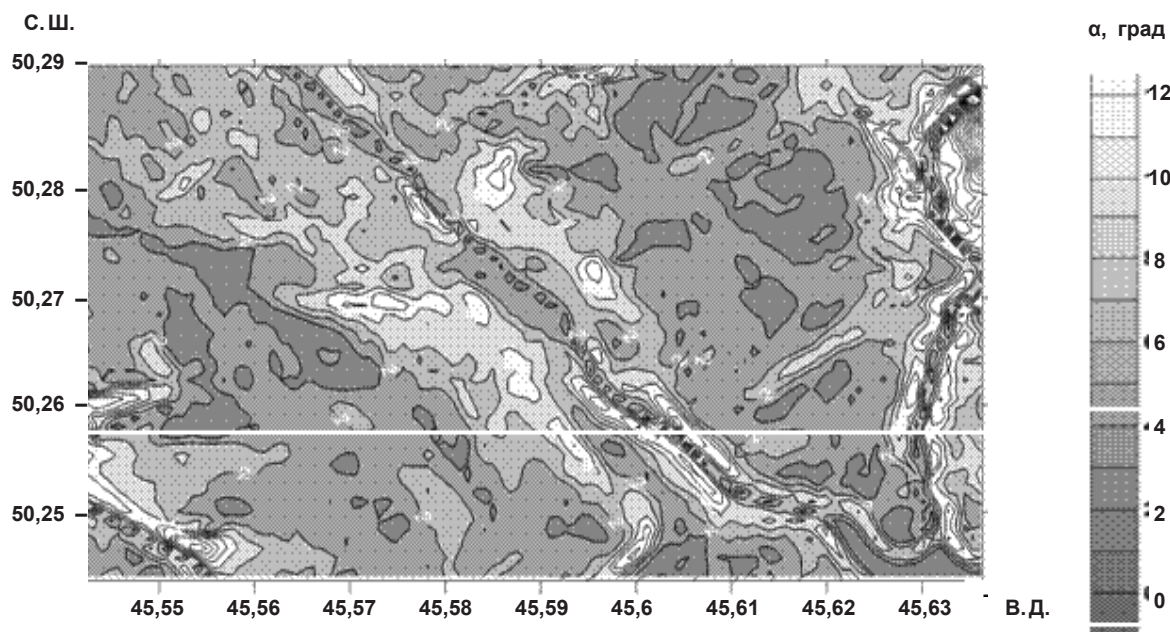


Рис. 2. Карта углов наклона склонов

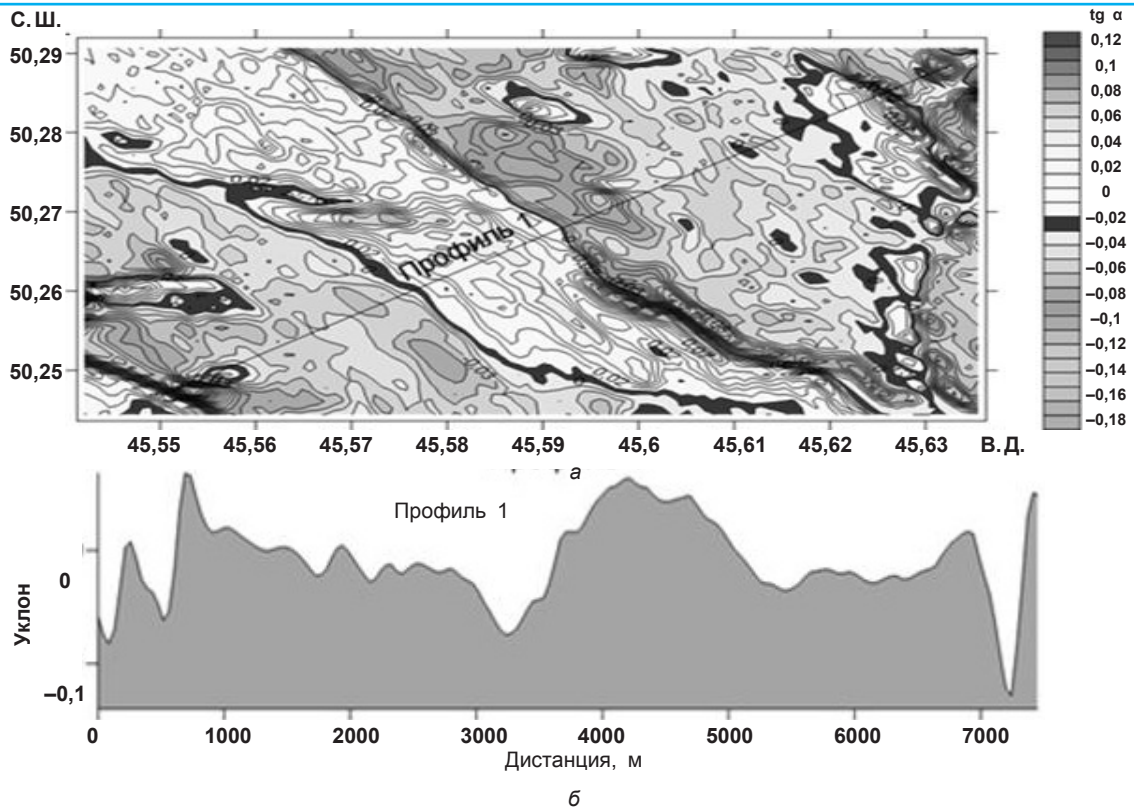


Рис. 3. Карта уклонов склонов (а) и диаграмма (б) распределения уклонов (профиль)

Изучение особенностей рельефа по разработанной цифровой модели дает возможность разработать аналитические зависимости для описания устойчиво повторяющихся закономерностей, рассчитать уклоны, углы наклона, протяженность склонов в любом направлении, что является основой для создания ландшафтных и агролесомелиоративных планов.

Например, исследования ландшафтов южной части Приволжской возвышенности, ограниченной междуречьем рек Волга и Иловля с общей площадью 1196 тыс. га, показало, что распределение площади территорий по высоте близко к нормальному, а преобладающими являются территории с высотами 50...150 м (рис. 1), занимающие около 80 % этой площади. К примеру, площадь ландшафтов, имеющих высоту 120 м, составляет 250 тыс. га или около 22 % от общей территории исследований. Минимальная высота – 31 м, максимальная высота – 270 м, средняя высота – 104,9 м, стандартное отклонение – 41,1 м.

Имеющиеся в современных программных комплексах математические функции обеспечивают как цифровое описание расчетных характеристик рельефа, так и визуализацию этих расчетов.

Это дает возможность построить карты углов наклона склонов (рис. 2) и уклонов (рис. 3) как для тестовых участков ландшафта, так и для полигона в целом. Анализ карты углов наклона показал, что основной фон составляют территории с углами от 0 до 3°, среднее значение – 1,6°, стандартное отклонение – 1,7°. Такая карта обеспечивает выявление наиболее расчлененных территорий и выбор объектов для дальнейшей раз-

работки планов по их агролесомелиоративному обустройству.

Полевые и камеральные исследования в северной части территории исследований проводились на тестовом участке “Русская Ураковка”, расположенном севернее г. Камышин между реками Волга и Иловля.

Исследуемые ландшафты представляют собой овражно-балочные водосборы с явно выраженными склонами. Вертикальное расчленение составляет 20...30 м, характерным для которого является проявление эрозионной деградации.

Для выявления и картографирования контуров эрозионной деградации был использован анализ цифровой модели ландшафта как комбинации цифровой модели рельефа и космоснимков. В этом случае в среде ГИС созданы картографические слои “контур” как однородные, содержащие контуры полей, лесных насаждений, пастбищ, так и обобщающий слой, на котором контурами выделены все объекты ландшафта.

На рис. 4 представлен обобщающий геоинформационный слой, на котором контурами выделены уголья на полигоне “Вторая Ураковка”, представляющем собой типичный для юга Нижнего Поволжья агролесоландшафт с наличием байрачных лесов, защитных лесных насаждений и сельскохозяйственных земель.

В этом случае актуальный космоснимок был использован как основа для создания космокарты и последующего выделения по ней контуров земель по использованию, что дает возможность определить степень эрозионной деградации с учетом их предназначения и расположения в ландшафте.

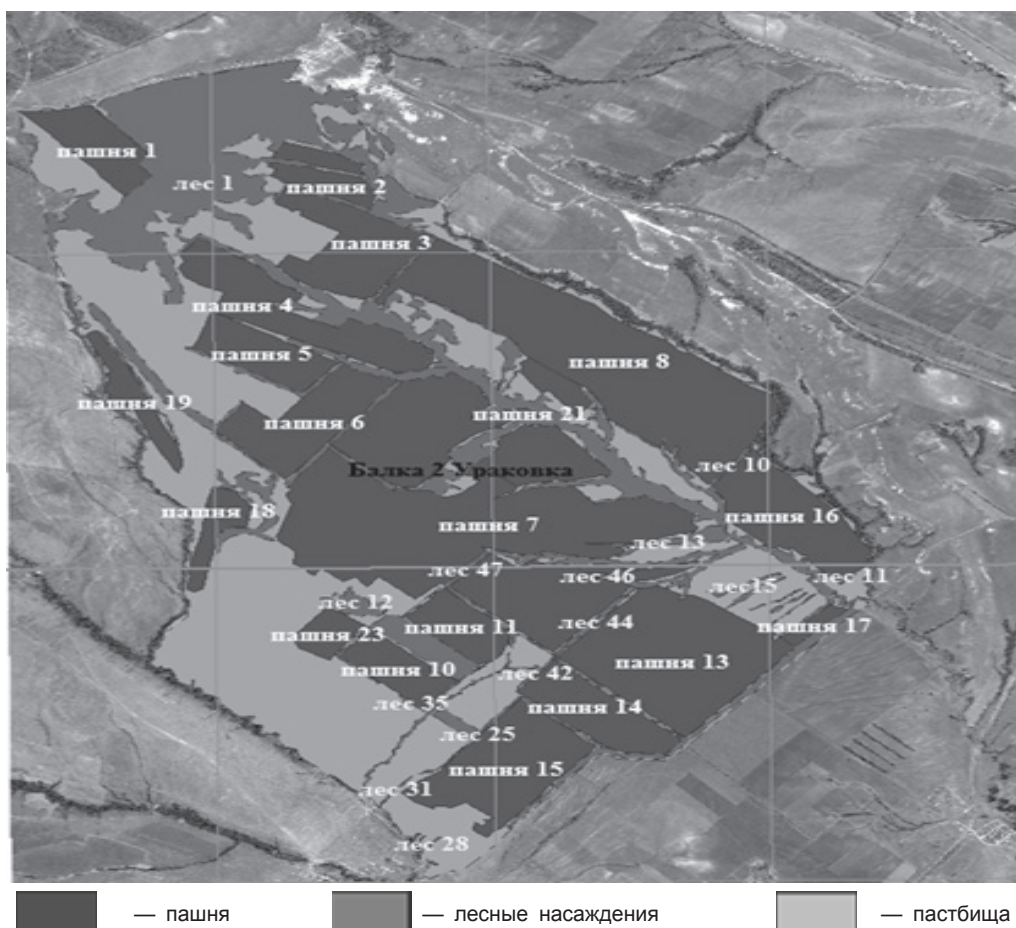


Рис. 4. Космокарта распределения угодий на полигоне "Вторая Ураковка"

Исследования показали, что базис эрозии в рассматриваемом агролесоландшафте составляет 50 м, перепад высот – 207 м, а максимальный угол наклона склона – 13,55°. Максимальный угол наклона склона участка, используемого под пашню, наблюдается в контуре "пашня 5" площадью 55 га и равен 6,48°. Длина склона – 487 м. Склон вогнутый, явно разделен на 2 части: средней крутизны со средним углом наклона более 6°, длиной 290 м и очень пологою, со средним углом 1,6°, длиной 197 м. Перепад высот на этом участке составляет 38 м. Склон средней длины, сильно эродирован, на космокарте явно просматриваются следы линейной (потяжины) и плоскостной (смыв) эрозии. По периметру контура расположены 3 стокорегулирующие лесные полосы. В настоящее время из 5,16 га насаждений сохранилось лишь 2,18 га, или 42 %. Полосы, вместо регулирования стока, концентрируют его, вследствие чего в местах гибели насаждений наблюдается повышенный уровень эрозионной деградации.

Заключение

Таким образом, при совместном геоморфологическом анализе ЦМР и космокарты были выявлены количественные параметры ландшафта для каждого выделенного контура, а их анализ дал возможность определить наиболее опасные эрозионные участ-

ки, что позволит выбрать оптимальный вариант защиты ландшафта и наметить меры по предотвращению смыва плодородного слоя почвы. Можно отметить, что картографирование и моделирование геоморфологических особенностей ландшафта позволили перейти к определению местоположения и выделению контурами эрозионной деградации по соответствующим уровням.

В результате комплекса исследований при широком использовании ГИС и цифровых моделей ландшафта создаются актуальные тематические карты использования и состояния земель на исследуемой территории с максимальным учетом особенностей существующего ландшафта и его возможных изменений в будущем.

Список литературы

1. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В.Г. Юферев, К.Н. Кулик, А.С. Рулев [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.
2. Рулев А.С. Геоинформационные исследования эрозионной деградации в агроландшафтах / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, М.В. Юферев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 84–88.