



ГЕОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2017.1.5>

UDC 521:634.958

LBC 43.47

FOREST RECLAMATION OF ROAD LANDSCAPES USING GIS TECHNOLOGY

Gleb A. Rulev

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation,
Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The road landscapes is the most significant type of anthropogenic landscapes. In this paper we pay much attention to the road-side landscapes, and their structural component – natural and anthropogenic ones. The said type of a landscape represents positive (barrows) and negative (excavations, ditches) forms of relief. The functioning of the auto transport complex is effective only if the necessary protection of automobile roadways and transport means is provided, that controls the unfavourable nature conditions, primarily, the drift of the roadway with snow and the lateral pressure upon the moving automobiles by strong gust of wind. The most effective measure for the development of the given problem is the arrangement of roadside windbreaks, which should represent a forestation of rational composition and proper construction of trees and shrubs for the functioning as wind- and snow-protective, and decorative plantations. The thickness of snow-deposit depends on the vertical density of forest belt. According to this characteristic the forest belts can be penetrable by wind, porous, and not penetrable by wind. The forest belts penetrable by wind have large clear spaces in lower part, while the crowns in upper part are rather dense. The forest belts of porous construction have even significant vertical clear spaces. The forest belts not penetrable by wind are of a high density all over the profile due to great number of shrubs and low-growing trees. In this regard, the urgent problem is the development of the methods for analysis of the information, and development of actual mapping layers, and, as a result, GIS technologies for mapping of road-side landscapes.

Key words: road landscapes, barrows, excavations, wind- and snow-protective road-side windbreaks, GIS technologies, digital model of relief, space images, height matrix.

УДК 521:634.958

ББК 43.47

ЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Глеб Александрович Рулев

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Транспортно-дорожные ландшафты являются одним из наиболее значимых видов антропогенных ландшафтов. В данной работе основное внимание уделено дорожным ландшафтам, структурными компонентами которых являются природная и антропогенная составляющие. Этот тип ландшафта представлен положительными (насыпи) и отрицательными (выемки, кюветы) формами рельефа. Успеш-

ное функционирование автотранспортного комплекса возможно только при обеспечении необходимой защиты автомобильных дорог и транспортных средств от воздействия неблагоприятных погодных условий, в первую очередь заноса дорожного полотна снегом и бокового давления на движущиеся автомобили порывов сильного ветра. Наиболее эффективным средством достижения этого является создание придорожных лесных полос – рационально подобранных по составу и имеющих нужную конструкцию древесно-кустарниковых насаждений, выполняющих ветро-, снегозащитные, декоративные и ряд других функций. Мощность снегонакоплений зависит от распределения плотности полосы по вертикали. По этому признаку лесные полосы разделяют на продуваемые, ажурные и непродуваемые. Продуваемые лесные полосы снизу имеют большие просветы, вверху кроны достаточно густые. Ажурные лесные полосы по вертикали имеют относительно равномерные, достаточно значительные просветы. Непродуваемые лесные полосы благодаря наличию большого количества кустарников и низкорослых деревьев имеют большую густоту по всему профилю. В связи с этим актуальной задачей является разработка методов анализа информации и методики разработки необходимых картографических слоев и на их основе ГИС-технологий картографирования дорожно-линейных ландшафтов.

Ключевые слова: транспортно-дорожные ландшафты, насыпи, выемки, ветро-, снегозащитные придорожные лесные полосы, ГИС-технологии, цифровая модель рельефа, космоснимки, матрица высот.

Географическое положение Волгоградской области обуславливает проявление особенностей в смене ландшафтов в направлении с севера – северо-запада на юг – юго-восток. Большая часть территории области расположена в зоне сочленения двух крупных геоморфологических провинций: Среднерусской и Южнорусской. Геоморфологическое строение региона характеризуется разнообразием мезорельефа и почвенно-географических зон.

Такое положение области обусловило развитие транзитно-транспортных магистралей, соединяющих северную и центральную части России с югом, а также с республиками Средней Азии.

Волгоградская область, являясь промышленно развитой, располагает всеми видами транспорта, образующими транспортную систему, имеющую в основе пять полимагистралей различной мощности [1–3; 12; 14].

Транспортно-дорожные ландшафты являются одним из наиболее значимых видов антропогенных ландшафтов. В данной работе основное внимание уделено дорожным ландшафтам, структурными компонентами которых являются природная и антропогенная составляющие. Этот тип ландшафта представлен положительными (насыпи) и отрицательными (выемки, кюветы) формами рельефа. Высота дорожных насыпей меняется в зависимости от их положения в рельефе, типа подстилающих грунтов и глубины залегания грунтовых вод. При пересечении днищ балок и речных долин высота насыпей

достигает 4–6 м, а местами и более. В склонах долин и балок устроены выемки глубиной от 6 до 15 м. На пологих и слабологих (до 2°) поверхностях относительная высота насыпей меняется от 0,6 до 1,5 м. Ширина насыпи определяется категорией дорог и местными условиями.

Строительство и эксплуатация дорог создают новые формы рельефа, существенно осложняют естественный ход рельефообразующих процессов. Формирование насыпей и придорожных кюветов меняет гидротермический режим подстилающих грунтов. В придорожных кюветах позднее тает снег, застаиваются дождевые воды, вследствие чего грунты часто переувлажнены, развиваются просадочные явления, приводящие к деформациям поверхности покрытия автомобильных дорог.

На участках пересечения дорогами склонов речных долин и балок, особенно если они сложены лессовидными суглинками и глинами, происходит активизация эрозионных и оползневых процессов. По кюветам часто образуются промоины, овраги. Особенно характерна активизация линейной эрозии для грунтовых проселочных полевых дорог, расположенных на склонах. Часто формирование промоин начинается прямо на колее.

С учетом особенностей техногенного покрова целесообразно выделить следующие подтипы дорожных ландшафтов: федеральные дороги с асфальтобетонным покрытием; дороги областного значения с подпя-

тым дорожным полотном и слабым типом покрытия; местные дороги районного значения без поднятого дорожного полотна и твердого покрытия.

В процессе строительства и эксплуатации автомобильных дорог происходит коренная перестройка биоты, существенное изменение состава и структуры почв, водного режима. Больших значений достигают микроклиматические контрасты.

Температура воздуха над дорогой и полосой отвода выше в окружающих ландшафтах в среднем на 1–3 °С, еще больший контраст наблюдается в температуре на поверхности, где разница может достигать 5–10 °С. Дорожное полотно с обочиной нагревается сильнее, чем окружающая территория. В сухую погоду на открытой нагретой проезжей части дорог формируются восходящие потоки воздуха, при этом скорость ветра в пределах дороги часто бывает ниже по сравнению с прилегающей территорией.

Успешное функционирование автотранспортного комплекса возможно только при обеспечении необходимой защиты автомобильных дорог и транспортных средств от воздействия неблагоприятных погодных условий, в первую очередь заноса дорожного полотна снегом и бокового давления на движущиеся автомобили порывов сильного ветра.

Основным мероприятием по защите автомобильных дорог от снегозаносов в степной зоне Нижнего Поволжья является создание защитных лесных полос. Лесонасаждения снижают скорость ветра в приземном слое атмосферы, в результате чего в них или непосредственно вблизи от них аккумулируется приносимая масса снега.

Снегоемкость лесной полосы ($\text{м}^3/\text{м}$) можно определить по формуле:

$$q_{snf} = b_f \cdot \bar{t}_{sn} + k'_{sn} (t'_{sn})^2 + k''_{sn} (t''_{sn})^2,$$

где b_f – общая ширина полосы, м; \bar{t}_{sn} – средняя высота отложения снега на полосе, в степной зоне обычно равная 1...1,25 м; k'_{sn}, k''_{sn} – коэффициенты, учитывающие крутизну наветренного и подветренного шлейфов; t'_{sn}, t''_{sn} – высота отложений снега с наветренной и подветренной сторон полосы, м.

Для приблизительных расчетов можно принять

$$t'_{sn} \approx t''_{sn} \approx \bar{t}_{sn} k'_{sn} \approx k''_{sn} \approx k_{sn} = 4,$$

тогда формула для определения снегоемкости лесной полосы упрощается:

$$q_{snf} = t_{sn} \cdot (b_f + k_{sn} \cdot t_{sn})$$

При аккумулирующей способности лесной полосы большей или равной величины максимального снегоприноса ($q_{snf} \geq q_{snf}$) она способна полностью защитить дорогу от снежных заносов. При меньшей емкости (в молодом возрасте) до достижения ею заданных параметров необходимы дополнительные меры снегозащиты (установка с полевой стороны щитов, устройство заборов, напашка снежных валов).

В зависимости от рельефа, плодородия почв, режима их влажности и ряда других факторов придорожные лесные полосы могут быть различного породного состава, с разным числом рядов, иметь различную конструкцию, высоту и другие отличительные особенности. Эти показатели определяют характер и объем аккумуляции снега, то есть снегоемкость лесных полос. С увеличением высоты насаждений снегоаккумулирующая способность возрастает, однако средняя мощность отложений во избежание снеголома крон при весеннем уплотнении и осадке снега должна быть меньше средней высоты деревьев.

Важнейшим показателем, определяющим характер отложений снега, является степень продуваемости лесных полос. С увеличением густоты деревьев в ряду длина наветренного шлейфа уменьшается, а подветренного возрастает. При большем числе рядов снежный вал выше, а ширина меньше.

Следовательно, увеличивая густоту насаждений, можно достигнуть возрастания объема снегоотложений. Расстояния между рядами (размеры междурядий) также влияют на отложение снега. При узких междурядьях уменьшается объем его задержания и наоборот. Наиболее эффективно задерживают снег полосы с большими продольными разрывами. Профиль снегоотложения в этом случае получает пилообразный вид.

Мощность снегонакопления зависит от распределения плотности полосы по вертикали. По этому признаку лесные полосы разделяют на продуваемые, ажурные и непродуваемые.

Продуваемые лесные полосы снизу имеют большие просветы, вверху кроны достаточно густые. Внизу продуваемой полосы скорость ветра возрастает, превышая его значение в открытой местности. За полосой скорость ветра снижается, затем постепенно увеличивается и на расстоянии 5–10-кратном высоте полосы (5–10 Н) достигает значения в открытой местности. Такое распределение скорости ветра обуславливает образование растянутого за полосой снежного шлейфа.

Ажурные лесные полосы по вертикали имеют относительно равномерные, достаточно значительные просветы. Они обеспечивают снижение скорости ветра на расстоянии до 3–5 Н. В подветренной зоне шлейф снега приближается к насаждениям.

Непродуваемые лесные полосы благодаря наличию большого количества кустарников и низкорослых деревьев имеют большую густоту по всему профилю. Они в наибольшей степени гасят скорость ветра. Максимум отложения имеет место внутри них.

Одно-, реже двухрядные насаждения из хвойных пород (зеленые изгороди) выполняют свои защитные функции подобно ажурным лесным полосам. Снижение скорости ветра с наветренной стороны ощущается на расстоянии 10 Н, с подветренной – 10–12 Н. Снегоемкость зеленых изгородей вычисляют по формулам:

$$\text{– однорядных } q_{smi} = 7H_i^2,$$

$$\text{– двухрядных } q'_{smi} = 7H_i^2 + 0,8H_i \cdot \alpha_d,$$

где H_i – рабочая высота изгороди; α_d – расстояние между рядами (обычно 1,5–3 м).

Из вышеизложенного следует, что наибольшим эффектом предотвращения снеготранспорта автомобильных дорог обладают непродуваемые лесные полосы, состоящие из деревьев различной высоты и кустарников. Однако в сухостепной зоне Нижнего Поволжья такие насаждения, как правило, недолговечны. Практически все деревья, отличаясь меньшей по сравнению с кустарниками засухоустойчивостью, не выдерживают с ними конкуренции и сначала суховершиняют, а затем гибнут. В результате снегозащитная лесная полоса постепенно превращается в кустарниковую кулису, отличающуюся значительно меньшей высотой, а следовательно, и снегоакку-

мулирующей способностью. Поэтому наиболее актуальным направлением исследований возможности повышения эффективности природных снегозащитных лесонасаждений является выявление оптимального ассортимента древесных пород, схем смешения и технологий выращивания лесных полос.

В связи с этим актуальной задачей является разработка методов анализа информации и методики разработки необходимых картографических слоев и на их основе ГИС-технологий картографирования дорожно-линейных ландшафтов [4; 7; 11].

Программные средства ГИС, в зависимости от особенностей решаемых задач и требований пользователя, обычно поддерживают одну, редко две модели пространственных данных, что является одним из главных критериев выбора программного средства ГИС [5; 6; 8; 13].

Для создания ландшафтных тематических слоев используются космоснимки высокого разрешения. Привязка космоснимков к географической системе координат осуществляется с использованием характерных точек местности (пересечения и ответвления дорог, мосты, административные границы и т. д.). Большое внимание отводится геокодированию – привязке объектов к цифровой карте территории, расположение которых в пространстве задается сведениями из таблиц баз данных [9; 10; 15; 16].

Одной из функций большинства ГИС является создание трехмерной модели рельефа – цифровой модели рельефа (ЦМР), под которой принято понимать средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей) в виде трехмерных данных, образующих множество отметок или иных значений аппликаты (координаты Z) в узлах регулярной или нерегулярной сети [17–20].

К картографическим источникам принадлежат аналоговые и цифровые топографические карты и планы. Типовая технология создания цифровой модели рельефа основана на оцифровывании горизонталей, нанесении отметок и других картографических элементов, используемых для отображения рельефа. Мелкомасштабные картографические источники непригодны для создания ЦМР. Точность ЦМР, как одна из важных характеристик мо-

дели, может быть оценена либо ее соответствием параметрам, условно принятым за истинные, либо адекватностью задач, решаемых в процессе использования модели.

Создание цифровых моделей базируется на использовании двух основных групп математических алгоритмов: вычисления отметок произвольных точек по имеющимся отметкам множества нерегулярно расположенных точек либо по исходным отметкам точек, заданным на матрице высот.

Наиболее распространены цифровые растровые и триангуляционные модели рельефа. Растровая модель применительно к ЦМР обозначает матрицу высот – регулярную (обычно квадратную) сеть отметок в ее узлах, расстояние между которыми (шаг) определяет ее пространственное разрешение.

К растровой (матричной или регулярной) модели путем интерполяции, аппроксимации, сглаживания или иных трансформаций могут быть приведены ЦМР всех иных типов. Для восстановления поля высот в любой его точке (например, в узле регулярной сети) по заданному множеству отметок (например, по цифровым записям горизонталей) применяются разнообразные методы интерполяции (метод Кригинга, средневзвешенная интерполяция по методу Шепарда).

Таким образом, несмотря на то что к настоящему времени выполнен большой объем фундаментальных исследований в области экологического обустройства автомобильных дорог и разработаны дистанционные методы мониторинга состояния техногенных ландшафтов, в дорожной отрасли, характеризующейся своей спецификой, информационные технологии не получили достаточного распространения. Необходим ряд дополнительных проработок. При этом геоинформационное картографирование придорожных ландшафтов должно базироваться как на традиционных методах картографического представления информации, так и на специфических возможностях компьютерных картографических систем, включающих возможности аналитической обработки данных различного типа. Необходимо широкое использование электронных карт, создаваемых на основе космоснимков высокого разрешения и обеспечивающих возможность их масштабирования вплоть до ве-

личины разрешения снимка. Использование ЦМР при геоинформационном картографировании обеспечивает определение как плановых, так и высотных характеристик рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство Волгоградской области : стат. сб. – Волгоград, 2010.
2. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / В. П. Подольский, В. Г. Артюхов, В. С. Турбин [и др.]. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1999. – 261 с.
3. Анопин, В. Н. Географические основы лесной рекультивации деградированных урболовандшафтов Нижнего Поволжья / В. Н. Анопин. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2005. – 170 с.
4. Анопин, В. Н. Технология мониторинга состояния полос отвода автомобильных дорог и придорожных территорий с использованием ГИС / В. Н. Анопин, В. Г. Юферев, Г. А. Рулев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Вып. 35 (54). – С. 160–165.
5. Геоинформатика : учебник / под ред. В. С. Тикунова. – М. : Академия, 2005. – 480 с.
6. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, В. Г. Юферев [и др.]. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.
7. Геоинформационный анализ состояния придорожных лесных насаждений / А. С. Рулев, В. Н. Анопин, В. Г. Юферев, Г. А. Рулев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (47). – С. 42–45.
8. Голубев, Г. Н. Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических программ / Г. Н. Голубев, Н. С. Касимов, В. С. Тикунов // Экология. – 1995. – № 5. – С. 339–343.
9. Картография цифровая. Термины и определения. ГОСТ 28441-99. – М. : Стандартинформ, 2005.
10. Китов, А. Д. Основные направления развития ГИС в географических исследованиях / А. Д. Китов, В. С. Михеев // География и природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 16–25.
11. Рулев, А. С. Картографо-аэрокосмический мониторинг аридных агроландшафтов / А. С. Рулев, В. Г. Юферев, М. В. Юферев // Вестник института комплексных исследований аридных территорий. – 2011. – № 1 (22). – С. 57–63.
12. Рулев, Г. А. Лесомелиорация автодорожных комплексов правобережья Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Рулев Глеб Александрович. – Волгоград, 2015. – 22 с.

13. Рулев, А. С. Моделирование агроландшафтов / А. С. Рулев, В. Г. Юферев, М. В. Юферев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2 (34). – С. 14–18.

14. Ширшов, А. Ф. Эколого-географические проблемы сухопутного транспорта на примере Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Ширшов Александр Федорович. – Волгоград, 2000. – 24 с.

15. Dicky, E. Soil erosion: mechanisms and control / E. Dicky, P. Jasa // Mitchell Farm, Ranch and Houm Quarterli. – 1984. – Vol. 30 (3a Spec.). – P. 6–8.

16. Mapping and monitoring of the impact of gully erosion in Southeastern Nigeria with satellite remote sensing and geographic information system. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/9_WG-VIII-9/03.pdf/. – Title from screen.

17. Matheron, G. Principles of geostatistics / G. Matheron // Econom. Geol. – 1963. – Vol. 58. – P. 1246–1266.

18. Remote sensing science and industry: Proceedings of the Remote Sensing Society, September 11-14, 1996. – University of Durham, 1996. – 715 p.

19. Rubec, C. D. A. Applications of remote sensing in ecological land survey in Canada / C. D. A. Rubec // Canadian Journal of Remote Sensing. – 1984. – Vol. 9, № 1. – P. 19–30.

20. Sakthivel, R. Remote sensing and GIS for soil erosion prone areas / R. Sakthivel, Raj N. Jawahar, V. Pugazhendi. – Electronic text data. – Mode of access: <http://scholarsresearchlibrary.com/aasr-vol3-iss6/AASR-2011-3-6-369-376.pdf>. – Title from screen.

REFERENCES

1. *Avtomobilnyy transport i dorozhnoe khozyaystvo Volgogradskoy oblasti: stat. sbornik* [Road Transport and Road Facilities of the Volgograd Region. Statistical Collection]. Volgograd, 2010.

2. Podolskiy V.P., Artyukhov V.G., Turbin V.S., et al. *Avtotransportnoe zagryaznenie pridorozhnykh territoriy* [Automotive Pollution of Roadside Areas]. Voronezh, Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 1999. 261 p.

3. Anopin V.N. *Geograficheskie osnovy lesnoy rekultivatsii degradirovannykh urbolandshaftov Nizhnego Povolzhya* [Geographical Bases of Forest Reclamation of Degraded Urban Landscapes of the Lower Volga Region]. Volgograd, Izd-vo VolgGASU, 2015. 170 p.

4. Anopin V.N., Yuferev V.G., Rulev G.A. *Tekhnologiya monitoringa sostoyaniya polos otvoda avtomobilnykh dorog i pridorozhnykh territoriy s ispolzovaniem GIS* [The Technology of Monitoring

the State of the Right of Way of Roads and Roadside Areas Using GIS]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya "Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2014, vol. 35 (54), pp. 160-165.

5. Tikunov V.S., ed. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. Moscow, Akademiya Publ., 2005. 480 p.

6. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G., Mushaeva K.B., Koshelev A.V. *Geoinformatsionnye tekhnologii v agrolesomeliorsii* [Geoinformation Technologies in Agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2010. 102 p.

7. Rulev A.S., Anopin V.N., Yuferev V.G., Rulev G.A. *Geoinformatsionnyy analiz sostoyaniya pridorozhnykh lesnykh nasazhdeniy* [Geoinformation Analysis of Roadside Forest Plantations]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 3 (47), pp. 42-45.

8. Golubev G.N., Kasimov N.S., Tikunov V.S. *Geoinformatsionnoe i kartograficheskoe obespechenie ekologicheskikh program* [GIS and Cartographic Support for Environmental Programs]. *Ekologiya*, 1995, no. 5, pp. 339-343.

9. *GOST 28441-99. Kartografiya tsifrovaya. Terminy i opredeleniya* [GOST 28441-99. Digital Cartography. Terms and Definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2005.

10. Kitov A.D., Mikheev V.S. *Osnovnye napravleniya razvitiya GIS v geograficheskikh issledovaniyakh* [The Main Directions of Development of GIS in Geographical Research]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 1999, no. 2, pp. 16-25.

11. Rulev A.S., Yuferev V.G., Yuferev M.V. *Kartografo-aerokosmicheskiy monitoring aridnykh agrolandshaftov* [Cartography and Aerospace Monitoring Arid Agricultural Landscapes]. *Vestnik instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy*, 2011, no. 1(22), pp. 57-63.

12. Rulev G.A. *Lesomeliorsiya avtodorozhnykh kompleksov pravoberezhya Volgogradskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Forest Melioration of Road Complexes on the Right Bank of the Volgograd Region. Cand. agr. sci. abs. dis.]. Volgograd, 2015. 22 p.

13. Rulev A.S., Yuferev V.G., Yuferev M.V. *Modelirovanie agrolandshaftov* [Modeling Agrolandscapes]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*, 2014, no. 2 (34), pp. 14-18.

14. Shirshov A.F. *Ekologo-geograficheskie problemy sukhoputnogo transporta na primere Volgogradskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk* [Ecological and Geographical Problems of Land Transport on the Example of the Volgograd Region. Cand. geogr. sci. abs. dis.]. Volgograd, 2000. 24 p.

15. Dicky E., Jasa P. Soil erosion: mechanisms and control. *Mitchell Farm, Ranch and Houm Quarterli*, 1984, vol. 30, pp. 6-8.

16. *Mapping and monitoring of the impact of gully erosion in southeastern Nigeria with satellite remote sensing and geographic information system*. URL: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/9_WG-VIII-9/03.pdf.

17. Matheron G. Principles of geostatistics. *Econom. Geol.*, 1963, vol. 58, pp. 1246-1266.

18. *Remote Sensing Science and Industry: Proceedings of the Remote Sensing Society, September 11-14, 1996*. Durham, University of Durham, 1996. 715 p.

19. Rubec C.D.A. Applications of remote sensing in ecological land survey in Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 1984, vol. 9, no. 1, pp. 19-30.

20. Sakthivel R., Jawahar Raj N., Pugazhendi V. *Remote Sensing and GIS for Soil Erosion Prone areas*. URL: <http://scholarsresearchlibrary.com/aasr-vol3-iss6/AASR-2011-3-6-369-376.pdf>.

Information about the Author

Gleb A. Rulev, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, g.heroes@yandex.ru.

Информация об авторе

Глеб Александрович Рулев, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, g.heroes@yandex.ru.